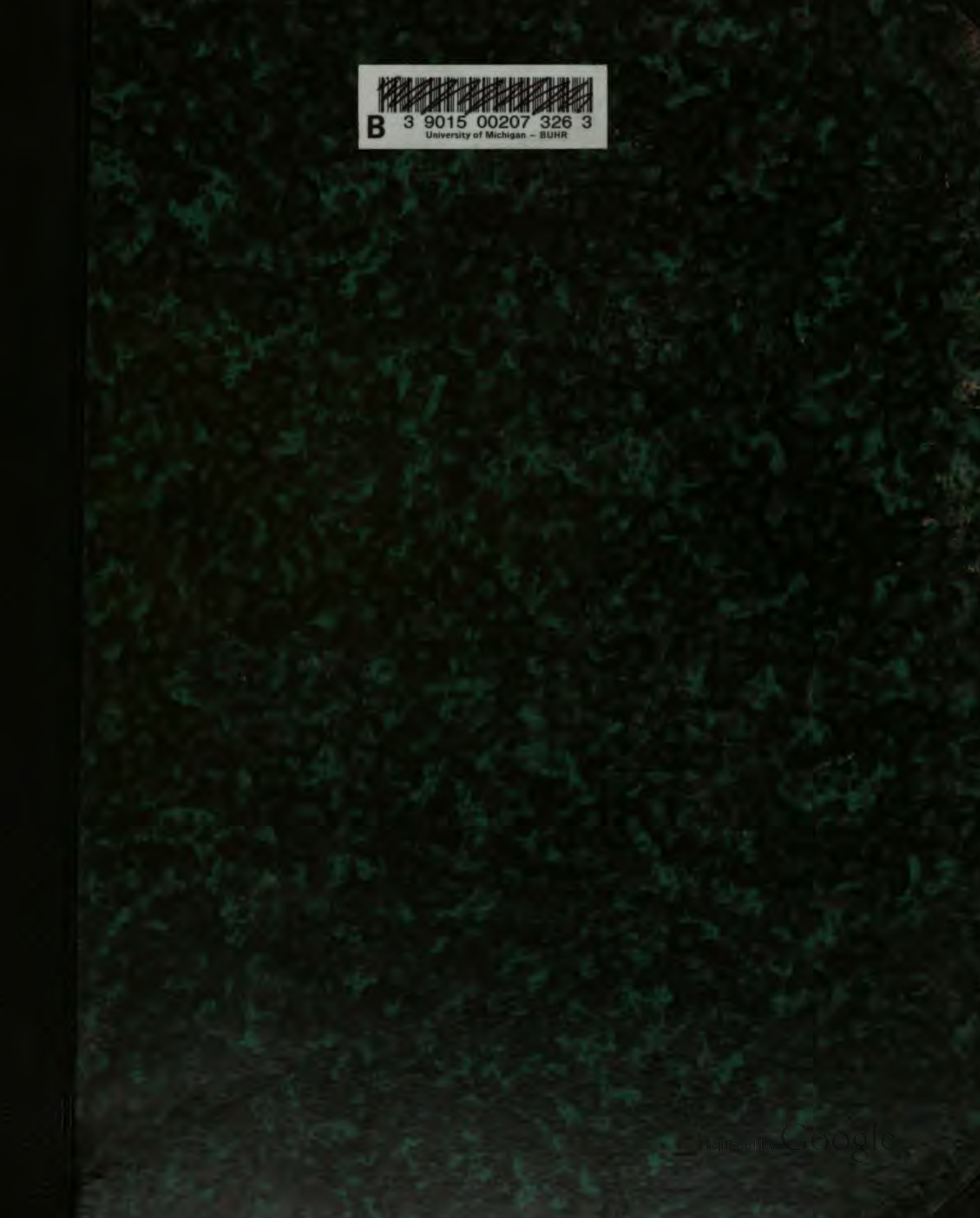
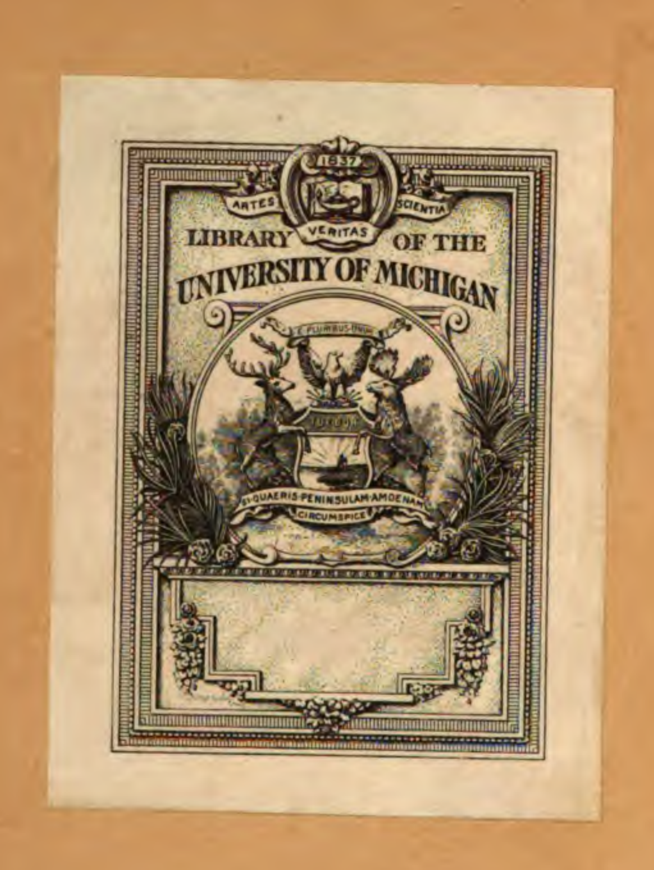

B 3 9015 00207 326 3
University of Michigan – BUHR



1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

BEITRÄGE

ZUR

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

VON

C. ECKHARD
IN GIESSEN.

ZWEITER BAND.
MIT ZWEI STEINDRUCKTAFELN.

GIESSEN, 1860.
FERBER'SCHE UNIVERSITÄTS-BUCHHANDLUNG.
(EMIL ROTH.)

Herrn

Dr. Bischoff,

Professor der Anatomie und Physiologie in München,
Mitglied der Academie der Wissenschaften daselbst etc.

Zur Erinnerung an Giessen

der Verfasser.

Inhalt.

Erste Abhandlung.

Ueber

Diffusionsgeschwindigkeit

durch

thierische Membranen.

Von

C. Eckhard.

A) Eigne Untersuchungen.

In der im ersten Bande der Beiträge enthaltenen Abhandlung *„über das endosmotische Aequivalent des Kochsalzes“* liess ich auf S. 132 und 142 zwei Fragen unentschieden, deren definitive Beantwortung dort abhängig gemacht wurde von einer genauern Untersuchung aller der Umstände, welche die in einer gewissen Zeit durch eine Membran im Hydrodiffusionsprocess gehende Salz- und Wassermenge beinfluiren. Schon desshalb musste ich die jetzige Untersuchung führen. Mittlerweile aber hat dieselbe noch ein weiteres Interesse durch die von Fick [1]) mit Collodiumhäuten angestellten Versuche gewonnen, welche bekanntlich zu dem Resultate geführt haben, dass, wenn man sich jener als Scheidewände bei Hydrodiffusionsprocessen bedient, *mit der Zeit der Salzstrom wächst, dagegen sich der Wasserstrom unverändert erhält, mithin der Werth des sogenannten endosmotischen Aequivalentes allmählich kleiner wird.* Es musste wünschenswerth erscheinen, dieselbe Prüfung auch für thierische Häute vorzunehmen, um so mehr, als nach Fick die erwähnte Zunahme des Salz- und die Constanz des Wasserstromes für diejenige Hydrodiffusion,

---

[1]) Moleschott's Untersuchungen III.

welche sich durch die Molekularräume vollzieht, die unterscheidende Eigenthümlichkeit von der Porendiffusion bilden soll, wie sie beispielsweise eine Thonscheidewand zulässt. Dies Alles zusammengenommen, veranlasste mich, die Frage nach der Diffusionsgeschwindigkeit in dem Umfang, wie sie im Folgenden mitgetheilt ist, zu bearbeiten. Auf die Beantwortung der oben angedeuteten Fragen werde ich gelegentlich zurückkommen.

§. 1. Abhängigkeit der Salzströme von der *Zeit*.

Die Ausführung der Versuche zur Erforschung dieser Abhängigkeit ist begreiflicher Weise sehr einfach. Als Blase wandte ich den Herzbeutel der Kuh oder des Ochsen an. Wegen seiner grossen Dicke, dachte ich, würde die Einmischung kleinerer, bei den Versuchen unvermeidlicher Druckdifferenzen weniger fühlbar sein, zugleich auch die Wahrscheinlichkeit für die Abwesenheit capillarer Spalten grösser werden. Gemäss den bei der Bestimmung des endosmotischen Aequivalentes des Kochsalzes gemachten Erfahrungen, wandte ich ihn stets frisch an, nachdem er vor der Anwendung noch einige Stunden in Wasser gelegen hatte. Das Salz wurde sehr fein gepulvert und nebst einem Theile einer concentrirten Kochsalzlösung in die Diffusionsröhre eingeführt, welche dann in destillirtes Wasser gesenkt wurde. Während des Austausches der Lösungen wurde die Salzlösung zur Herstellung einer steten Concentration anhaltend umgerührt. Das Wasser, in welches das Salz diffundirt hatte, wurde abgedampft und der Rückstand nach sorgfältigem Glühen im verdeckten Tiegel gewogen. Am Ende jedes Einzelversuches wurde die Membran aussen mit zuvor gewogenem Fliesspapier sorgfältig abgetrocknet und seine Zunahme, wenn im Folgenden nicht ausdrücklich das Gegentheil bemerkt ist, als Wasser in Rechnung gebracht. Ueberall, wo ich mir diess zu thun erlaubt, habe ich mich durch besondere Versuche überzeugt, dass die in ihm enthaltenen kleinen Salzmengen keinen Einfluss auf das Resultat ausüben. Alle Versuche wurden in einem Zimmer angestellt, in

welchem die Temperatur nur verhältnissmässig kleinen Schwankungen unterworfen war. Die anzuwendende Salzlösung und das Wasser wurden stets mehrere Stunden vor den Versuchen in jenem Zimmer aufbewahrt.

1. *Versuchsreihe.* Sie hatte nur den Zweck, zu sehen, wie sich der *Werth der Salzströme* mit der Zeit wohl gestalten möchte. Das Wasser war in Tiegeln enthalten, die durchschnittlich 80—85 Grms. desselben fassten. Jeder Einzelversuch dauerte 45 Minuten. In der Zwischenzeit von den Versuchen des einen bis zu denen des folgenden Tages wurde die Diffusionsröhre mit ihrem Inhalte in einem Wasserdampfraume aufbewahrt, und vor der ersten neuen Bestimmung des Salzstromes eine halbe Stunde diffundirt, ohne die durchgehende Salzmenge zu bestimmen. —

Zeit des Versuches.	In 45' übergegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit des Versuches.	In 45' übergegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit des Versuches.	In 45' übergegangene Salzmenge.	Temp. R.
März 19. 9^h 51 10„ 36	Grms. 0,696	6,5 6,0	1^h 48 2„ 33	Grms. 0,755	6,7 6,4	10^h 52 11„ 37	Grms. 0,741	6,0 5,6
10„ 38 11„ 23	0,741	5,9 5,7	2„ 35 3„ 20	0,774	6,7 6,5	März 22. 9^h 20 10„ 5	0,773	6,4 6,0
11„ 25 12„ 10	0,733	6,0 5,4	März 20. 9^h 2 9„ 47	0,761	6,2 6,3	10„ 7 10„ 52	0,751	6,4 6,0
12„ 13 12„ 58	0,762	6,4 6,2	9„ 49 10„ 34	0,750	6,7 6,3	März 23. 8^h 5 8„ 50	0,761	6,6 6,3
1„ 0 1„ 45	0,756	6,4 6,1	März 21. 10^h 5 10„ 50	0,743	5,4 5,3	8„ 52 9„ 37	0,740	6,7 6,6

Diese Versuchsreihe deutet uns an, *dass bei gleichbleibender Temperatur der Salzstrom mit der Zeit* **nicht** *zunimmt.* Nur die den ersten 45 Minuten zugehörige Menge ist merklich *niedriger* als die der folgenden ausgefallen. Für jetzt scheint uns das nicht auffällig, da wir uns vorstellen dürfen, dass immer eine gewisse Zeit zur vollständigen Herstel-

lung eines constanten Hydrodiffusionsprocesses nothwendig sein wird. Wir werden übrigens Gelegenheit haben, noch einmal auf diesen Punkt zurückzukommen. Die kleinen Unregelmässigkeiten, welche ausserdem in den folgenden Bestimmungen auftreten, folgen keinem bestimmten Gesetz und lassen sich begreifen, wenn man bedenkt, dass ausser unvermeidlichen Beobachtungsfehlern hier in der That eine Anzahl kleinerer Umstände vorhanden ist, welche verstehen lassen, wie es möglich sein kann, dass bei dieser Form der Versuche der Hydrodiffusionsprocess in der That zu allen Zeiten sich nicht in absolut gleicher Grösse vollziehe. Die durch das eindringende Wasser zu lösenden Salztheilchen haben nicht stets die gleiche Form, lösen sich also auch nicht gleich schnell, das Umrühren kann nicht stets gleichmässig geschehen und was dieser Umstände mehr sind. —

Doch ist an dieser Versuchsreihe Manches zu tadeln. Erstlich nämlich könnte man glauben, dass unser Resultat vielleicht dadurch herbeigeführt sei, dass die Wassermenge, in welche das Kochsalz diffundirt, nicht als hinlänglich gross gegenüber der diffundirten Salzmenge zu betrachten und die Gleichheit derselben vielleicht nur durch die Anwendung nahe zu gleich grosser Wassermengen herbeigeführt sei. Zweitens könnte man vielleicht auch das Resultat anders erwarten, wenn durch eine grössere Anzahl von Stunden die Diffusion *ununterbrochen* mit der Bestimmung der durchgegangenen Salzmenge fortgesetzt würde. Um beide sehr unwahrscheinliche Vermuthungen zu prüfen, wurde die zweite und dritte Versuchsreihe ausgeführt.

2. *Versuchsreihe*. Um zu prüfen, ob die durchgehenden Salzmengen in den vorigen und ähnlichen Versuchen sich wesentlich mit der Anwendung noch grösserer Wassermengen ändern, kann man entweder so verfahren, dass man in dieselbe Wassermenge verschieden lange Zeiten hindurch diffundiren lässt, und die durchgegangene Salzmenge für gleiche Zeiten berechnet, oder indem man in verschieden grossen Wassermengen während gleicher Zeiten den Salzstrom gehen lässt. Ich habe die Versuche in der letzten Art ausgeführt. Vor Anstellung des ersten Versuches

und nach jeder Unterbrechung von einem Tag zum andern wurde, bevor eine neue Bestimmung zur Ausführung kam, vorher eine halbe Stunde diffundirt.

Zeit des Versuches.	Angewandte Wassermenge.	In 30' durchgegangene Salzmenge.	Temp. R	Zeit des Versuches.	Angewandte Wassermenge.	In 30' durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
	Grms.	Grms.					
April 8. 9^h 37 10" 7	40	0,328	4,8	April 10. 9^h 24 9" 54	45	0,322	4,6 4,7
10" 9 10" 39	Mehr als die doppelte.	0,327	4,6	9" 56 10" 26	Mehr als die doppelte.	0,310	4,5
10" 43 11" 13	40	0,339	5,0 5,1	April 11. 8^h 45 9" 15	45	0,344	4,7 5,1
11" 16 11" 46	Mehr als die doppelte.	0,328	5,1	9" 36 10" 6	Mehr als die doppelte.	0,333	5,6
April 9. 10^h 1 10" 31	40	0,334	4,7	April 12. 9^h 5 9" 35	40	0,327	5,0 5,1
10" 33 11" 3	Mehr als die doppelte.	0,325	4,4 4,6	9" 37 10" 7	Mehr als die doppelte.	0,331	4,7 4,8

Wir haben damit die Beruhigung gewonnen, dass die in der ersten Versuchsreihe angewandten Wassermengen als hinlänglich gross gegenüber den durchgegangenen Salzmengen betrachtet werden konnten. Dort ist zwar die doppelte Salzmenge, wie in der zweiten Versuchsreihe durchgegangen; zugleich kam aber daselbst auch eine doppelt so grosse Wassermenge in Anwendung.

Prüfen wir nun auch, wie sich die Sache gestalten mag, wenn ohne irgend eine Unterbrechung die Diffusion auf längere Zeit fortgesetzt wird. Die folgenden Versuchsreihen sind für diesen Zweck berechnet. Vor der ersten Bestimmung der durchgegangenen Salzmenge wurde eine halbe Stunde diffundirt.

Zeit.	Übergegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Übergegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Übergegangene Salzmenge.	Temp. R.	Bemerkungen.
April 28 Abds.			April 29.			April 29.			
10h 13 10" 43	0,565	10,7 10,8	1h 57 2" 27	0,526	10,8	5h 42 6" 12	0,539	10,3 10,5	Glatte Seite des Herzbeutels gegen das Salz, die angewandten Wassermengen betrugen: c. 120 Gr.
10" 45 11" 15	0,535	11,0 11,1	2" 29 2" 59	0,532	10,8 10,9	6" 14 6" 44	0,529	10,6	
11" 17 11" 47	0,529	10,5 10,8	3" 2 3" 32	0,542	10,7 10,8	6" 47 7" 17	0,535	10,4 10,6	
11" 49 12" 19	0,539	10,7 10,9	3" 34 4" 4	0,549	10,7	7" 20 7" 50	0,529	10,6 10,7	
12" 21 12" 51	0,536	10,8 11,0	4" 6 4" 36	0,532	10,6 10,7	7" 52 8" 22	0,529	10,4 10,6	Die den fehlenden Zeiten entsprechenden Salzmengen verunglückten bei ihrer Bestimmung.
12" 54 April 29. 1h 24	0,540	10,9 11,0	4" 37 5" 7	0,542	10,8 10,7	10" 0 10" 30	0,524	10,9 11,0	
1" 25 1" 55	0,545	11,0	5" 10 5" 40	0,540	10,6	10" 32 11" 2	0,531	10,8 11,1	

Die folgende Reihe wurde in gleicher Weise ausgeführt; sie ist zwar im Einzelnen nicht so vollkommen ausgefallen, als die vorhergehende, doch ist der Gang derselbe. Auch hier wurde vorher eine halbe Stunde diffundirt, ohne die durchgegangenen Salzmengen zu bestimmen.

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
April 20.			April 20.			April 20.		
8h 56 9" 26	0,593	11,0 11,2	10h 0 10" 30	0,626	10,8 11,1	11" 4 11" 34	0,586	10,6 11,0
9" 28 9" 58	0,638	11,1 11,0	10" 31 11" 1	0,606	10,8 11,0	11" 35 12" 5	0,611	10,5 10,7

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
April 20. 12h 7 12" 37	0,591	10,4 10,6
12" 40 April 21. 1h 25	0,665 für 30' 0,570	10,4
1" 28 1" 48	0,574	10,0 10,2
1" 50 2" 20	0,564	10,0 10,2
2" 21 2" 51	0,561	9,8 10,0
2" 52 3" 22	0,543	9,7 10,0
3" 25 3" 55	0,567	9,4 9,6
3" 57 4" 27	0,537	9,2 9,6

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
April 21. 4h 30 5" 0	0,543	8,8 9,1
5" 2 5" 32	verunglückt.	
5" 34 6" 4	0,555	9,0 9,3
6" 6 6" 36	0,558	9,1 9,4
6" 38 7" 8	0,570	9,4 9,5
7" 11 7" 41	0,635?	9,0 9,6
7" 42 8" 12	0,600	9,4 10,0
8" 14 8" 44	0,552	9,6 10,1

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
April 21. 8h 46 9" 16	0,576	9,7 10,2
9" 18 9" 48	0,595	10,3 10,7
9" 50 10" 20	0,587	10,4 10,9
10" 23 10" 53	0,560	10,6 11,0
10" 54 11" 24	0,588	10,6 11,2
11" 26 11" 56	0,606	11,2 11,4

Hieran reihe ich noch zwei Versuchsreihen, welche sich auf das Glaubersalz beziehen, und von Herrn Dr. Hoffmann in meinem Laboratorium ausgeführt worden sind.

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
2h 30 4" 30	0,270	9,1 8,5
4" 32 6" 32	0,274	8,9 8,2
6" 34 8" 34	0,262	8,0 7,6

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
8h 36 10" 36	0,257	7,6 7,9
10" 39 12" 39	0,256	7,4 7,8
12" 41 2" 41	0,227	7,2

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
2h 43 4" 43	0,220	6,8 6,5	6h 48 8" 48	0,227	6,6 7,2
4" 46 6" 46	0,218	6,5 6,6	8" 50 10" 50	0,269	8,4 8,2

Die folgende wurde mit einer Röhre von kleinerer diffundirender Fläche angestellt.

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
10h 12 12" 12	0,176	8,4 8,8	6h 29 8" 29	0,187	9,0 8,5	2h 38 4" 38	0,146	8,2 7,4
12" 15 2" 15	0,175	9,1 8,9	8" 31 10" 31	0,179	9,0 8,6	4" 41 6" 41	0,148	7,7 7,4
2" 18 4" 18	0,188	9,2	10" 34 12" 34	0,174	8,8 8,4	6" 44 8" 44	0,161	7,9
4" 25 6" 25	0,187	9,2 9,0	12" 36 2" 36	0,168	8,6 7,8	8" 46 10" 46	0,183	8,6 8,4

Alle diese verschiedenen Versuchsreihen nun vereinigen sich zu dem Schluss: *Während einer continuirlichen Diffusion zwischen concentrirter Kochsalz- oder Glaubersalzlösung einerseits und Wasser andrerseits durch den frischen und feuchten Herzbeutel nimmt bei gleichbleibender Temperatur in einem Zeitraum von 12—14 Stunden die Grösse des Salzstromes mit der Zeit nicht zu.* —

Es ist nicht zu erwarten, dass bei noch längerer Dauer der Versuche die Sache sich anders gestalten werde. Erfolgt, wie es bei beträchtlich längerer Dauer und höherer Temperatur unzweifelhaft der Fall sein wird, eine Zunahme, so wird man sie in einer allmähligen Vergrösserung der Poren zu suchen haben; denn man würde nicht verstehen, wie es kommen sollte, wenn eine solche Zunahme der Ausdruck eines

charakteristischen molekularen Verhaltens wäre, wesshalb es die Membran verschmähen sollte, vom *Anfang* ihrer Berührung mit dem Salze an ihre eigenthümlichen anziehenden Kräfte diesem gegenüber wachsen zu lassen. Man kann, wenn es nothwendig sein sollte, als Beweis für diese Meinung den Umstand noch anführen, dass das durch Diffusion durch thierische Membranen gewonnene Salz niemals sein früheres Weiss zeigt, sondern mehr oder weniger grau aussieht, was von gelösten organischen Partickelchen herrührt, die beim Glühen im verschlossenen Tiegel verkohlen. —

In den letzten Versuchsreihen wurde vor dem Beginnen der eigentlichen Untersuchung die Diffusion vorher etwa eine halbe Stunde unterhalten, ohne das durchgehende Salz zu bestimmen, weil es sich bei der ersten Reihe und anderen hier nicht angeführten ergeben hatte, dass für die ersten Zeiten der Beobachtung der Salzstrom in der That etwas geringer ausfiel. Ich ging nun darauf aus, zu untersuchen, ob sich dies in allen Fällen und in welcher Grösse zeige. Dabei hatte ich an dieser Stelle besonders im Auge, zu sehen, in wie weit ich diesem Umstand bei den folgenden Untersuchungen Rechnung zu tragen hätte. Die folgende Tabelle gibt die Resultate einer ersten derartigen Prüfung. Unmittelbar nach dem Einfüllen der Salzlösung in die Diffusionsröhre wurde dieselbe sogleich in Wasser gesenkt und die Untersuchung begonnen.

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
3h 2 3" 22	0,314	10,3 10,7	3h 47 4" 7	0,331	10,3 10,7	4h 30 4" 50	0,329	10,6 10,9
3" 24 3" 44	0,329	10,2 10,3	4" 9 4" 29	0,318	10,5 10,9			

In einem zweiten Versuch richtete ich zwei Diffusionsröhren mit dem Unterschiede her, dass die erste *a*, unmittelbar nach dem Füllen, die zweite *b*, zehn Minuten nach dieser Operation in Wasser gesenkt wurde. Die folgende Tabelle gibt die erhaltenen Resultate.

a.			*b.*		
Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
9h 50 10 " 20	0,314	8,0 8,1	9h 55 10 " 25	0,297	8,1 8,2
10 " 22 10 " 32	0,318	8,0 8,1	10 " 27 10 " 57	0,301	8,0 8,1
10 " 54 11 " 24	0,315	8,4 8,6	11 " 59 11 " 29	0,306	8,4 8,7
11 " 26 11 " 56	0,326	8,5 8,7	11 " 31 12 " 1	0,290	8,5 8,7

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass eine Zunahme des Salzstromes in den ersten Zeiten nach dem Beginn des Diffusionsprocesses, vorausgesetzt, dass sie so lang gewählt werden, dass die durchgegangenen Salzmengen noch ohne grosse Fehler bestimmbar sind, *constant* nicht von einer solchen Grösse erscheint, dass sie sich in allen Fällen mit Sicherheit von den gewöhnlich vorkommenden Schwankungen markire. Doch wird man wohlthun, bei den meisten Versuchen, in denen es sich um eine Bestimmung der diffundirenden Salzmengen unter bestimmten Umständen handelt, die erste halbe Stunde etwa auszuschliessen, vorausgesetzt natürlich, dass keine anderen als die bisher gebrauchten Membranen in Anwendung kommen; denn in der That ereignet es sich oft, dass die erste Menge durchgegangenen Salzes merklich geringer ausfällt. Besonders scheint es mir dann der Fall zu sein, wenn die Membranstücke einigermassen dick sind, vielleicht auch, wenn man schnell nach dem Einfüllen der Salzlösung in die Diffusionsröhre diese ins Wasser senkt, doch ist letzteres nicht immer der Fall. Betrachten wir aber die oft beobachtete Zunahme der durchgegangenen Salzmenge als eine überall wiederkehrende Erscheinung, indem wir annehmen können, dass sie oft desshalb nicht zur Beobachtung kommt, weil für eine Membran dieser Zeitraum des wachsenden Salzstromes sehr kurz ausfällt, sehen wir mit andern Worten hierin einen Theil der von Fick an Collodiumhäuten beobach-

teten Erscheinungen wieder, so ist der Leser doch zu bitten, vorsichtig zu sein; denn nicht allein haben wir bis jetzt noch nicht den andern Theil von Fick's die Molekulardiffusion betreffende und dieselbe charakterisirende Behauptung, die Constanz des Wasserstromes nämlich während der Zeit des wachsenden Salzstromes, untersucht, sondern es liegt auch noch die weiter zu prüfende Annahme vor, dass in der ersten Zeit des Hydrodiffusionsprocesses der Salzstrom desshalb etwas schwächer ausfalle, weil es einer endlichen Zeit bedarf, bis sich an allen Orten der Scheidewand ein gleich starker Austausch vollziehe. Wir kommen auf diesen Punkt bei der Darlegung der Hydrodiffusionserscheinungen durch die Cornea zurück. Da es für einen Theil der nun folgenden Untersuchungen nothwendig wird, zwischen mehreren auf einander folgenden Bestimmungen durchgegangener Salzmengen die Membran auszuwässern; so müssen wir erst vorher durch Versuche prüfen, ob und innerhalb welcher Grenzen angenommen werden darf, dass durch diese Operation die Blase nicht wesentlich geändert wird. Die beiden folgenden Tabellen enthalten derartige Prüfungen. Ueberall wurde die erste halbe Stunde der Diffusion ausgeschlossen.

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Mittelwerth.	Temp. R.
9h 7 9„ 37	0,468		11.0 10,7
9„ 38 10„ 8	0,503	0,493	10,8 10,7
10„ 10 10„ 40	0,503		10,9 11,0
4„ 9 4„ 39	0,493		11,8 11,6
4„ 41 5„ 11	0,517	0,504	11,5 11,4
5„ 13 5„ 43	0,517		11,6 11,5

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Mittelwerth.	Temp. R.
11h 10 11„ 40	0,500		11,1
11„ 41 12„ 11	0,505		11,0
12„ 12 12„ 42	0,501	0,502	11,1
5„ 18 5„ 48	0,498		10,5
5„ 50 6„ 20	0,499	0,498	10,6
6„ 22 6„ 52	0,500		10,4

In den nicht verzeichneten Zwischenzeiten wurde jedesmal die Membran, nachdem sie sorgfältig mit destillirtem Wasser abgewaschen war, in ein Gefäss mit solchem gebracht, ohne sie von der Röhre ab und später von neuem aufzubinden. Am Ende mehrerer Stunden wurde die Röhre von neuem gefüllt und hierauf eine Zeitlang diffundirt, ohne die durchgehenden Salzmengen zu bestimmen, um den Process wieder vollkommen constant zu haben.

Eine von Herrn Dr. **Hoffmann** mit Glaubersalz ausgeführte Reihe ergab Folgendes:

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
9^h 59	0,333	11,6	4^h 30	0,344	12,4	7^h 26	0,319	10,8
11„ 59		11,2	6„ 30		11,4	9„ 26		10,4
4 Stunden in aq. dest. diffundirt, dann die folgenden Bestimmungen.			12½ Stunden in aq. dest. diffundirt, dann die folgenden Bestimmungen.			9„ 31	0,322	10,9
						11„ 31		11,0

Diese Erfahrungen lehren, dass durch das Auswässern einer Membran, falls dasselbe bei niedrigen Temperaturen nicht zu lange Zeit hindurch geschieht, die unter sonst gleichen Umständen diffundirenden Salzmengen keine merkbaren Aenderungen erleide. Bei allen folgenden Untersuchungen, welche ein Auswässern erforderten, bin ich nicht über diese Temperaturen und Zeiten hinausgegangen.

Nachdem wir jetzt wissen, dass unter gewissen Bedingungen weder das Auswässern einer Membran, noch die Zeit einen merkbaren Einfluss auf die durchgehenden Salzmengen ausüben, können wir nun zur definitiven Prüfung der im ersten Bande der Beiträge unentschieden gelassenen Frage schreiten, nämlich zu der über

§. 2. die Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Salzströme von ihrer *Richtung*.

Um bei diesen Versuchen den Salzstrom stets in derselben Richtung gegen die Membran durchtreten zu lassen, mit andern Worten, die Salzlösung

immer auf derselben, glatten oder rauhen Seite der Scheidewand zu haben, bediente ich mich der schon früher [1]) beschriebenen gebogenen Glasröhre. Die das Wasser haltende Gefässe waren breite Bechergläser, um die Röhre bei den seitlich gehenden Diffusionsströmen bequem in das Wasser einsenken zu können. In allen Versuchen wurde die Salzlösung anhaltend umgerührt, und dieses Geschäft bei der seitlichen Diffusionsrichtung mit besonderer Aufmerksamkeit besorgt. Von den nun folgenden drei Tabellen beziehen sich die beiden ersten auf Kochsalz, die letzte auf schwefelsaures Natron.

Tab. 1.

Zeit.	Diffusions-richtung.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
10h 53 11" 23	↓ ↑	0,259	10,7 11,1
11" 29 11" 59	–> <–	0,279	10,8 11,2
12" 4 12" 34	↓ ↑	0,293	10,8 11,1
12" 44 1" 14	–> <–	0,272	10,8 11,0
1" 17 1" 47	↓ ↑	0,311	11,1 11,26
1" 52 2" 22	–> <–	0,284	11,0 11,25

Tab. 2.

Zeit.	Diffusions-richtung.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
8h 31 9" 1	↓ ↑	0,491	12,0 12,4
9" 3 9" 33	–> <–	0,485	12,2 12,0
10" 35 10" 5	↓ ↑	0,542	12,3 12,6
10" 10 10" 40	–> <–	0,469	12,4 12,7
10" 42 11" 12	↓ ↑	0,569 ?	12,6 12,8
11" 21 11" 51	–> <–	0,461	12,9 13,2

---

[1]) Beiträge I. Band, S. 130.

Tab. 3.

Zeit.	Diffusions-richtung.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
9^h 21 11„ 21	—> <—	0,519	11,8 12,0
11„ 34 1„ 34	—> <—	0,561	12,1 12,4
2„ 17 4„ 17	—> <—	0,531	12,4 12,2

Hierauf 21 Stunden in senkrechter Richtung diffundirt, ohne die Salzmenge zu bestimmen, dann die folgenden Bestimmungen.

Zeit.	Diffusions-richtung.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.
7^h 8 9„ 8	↓ ↑	0,563	11,6 11,9
9„ 20 11„ 20	—> <—	0,561	12,2 12 8
11„ 27 1„ 27	↓ ↑	0,650	12,8 13,2
1„ 51 3„ 51	—> <—	0,510	13,2 13,4

Ich betrachte es nach diesen und ähnlichen Versuchen als ausgemacht, *dass der Salzstrom in derselben Stärke einhergeht, gleichgiltig, ob er im Sinne der Schwere oder in einer auf ihr senkrechten Richtung sich bewegt.* Abgesehen von den Schwankungen, welche überhaupt bei diesen Untersuchungen vorkommen, pflegt bei seitlicher Richtung der Diffusionsströme die durchgehende Salzmenge sogar in der Regel etwas *kleiner,* als bei der andern, auszufallen. Je sorgfältiger man aber die Versuche anstellt, und namentlich darauf bedacht ist, dass die Salzlösung in der Diffusionsröhre an allen Stellen und zu allen Zeiten concentrirt erhalten werde, desto mehr schwindet diese kleine Differenz. Auch auf den folgenden kleinen Umstand will ich noch aufmerksam machen. Ich habe mich nämlich wiederholt überzeugt, dass für die Grösse des Salzstromes es nicht einerlei ist, ob die Membran auf der einen Seite nur mit concentrirter Lösung und etwa so viel Salz in Berührung ist, als das eindringende Wasser löst, oder ob die ganze Fläche der Membran mit ungelöstem Salz bedeckt ist. Im letztern Fall ist der Salzstrom merklich grösser. Es ist nun klar, dass die in eine Endosmosenröhre eingeführte Salzmenge bei den beiden oben gebrauchten Diffusionsrichtungen die Membran nicht in gleicher Weise bedeckt. Bei den senk-

rechten geschieht dies vollkommner, als bei den andern, und so kommt es, dass die erste Anordnung günstiger wird. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, bringe ich in die Diffusionsröhre nicht viel mehr Salz, als nach einigen Präliminarversuchen nothwendig ist, das eindringende Wasser zu sättigen.

§. 3. Von dem *Wasserstrome* zu verschiedenen Zeiten der Diffusion.

Bisher liessen wir den Wasserstrom ganz unbeachtet. Wir wenden diesem jetzt unsere besondere Aufmerksamkeit und zugleich mit der besondern Absicht zu, die *zweite* der im ersten Bande der Beiträge unentschieden gelassene Frage ins Klare zu bringen. Am Ende der Abhandlung nämlich über das endosmotische Aequivalent des Kochsalzes wurde die Frage aufgeworfen, ob in den dort beschriebenen Versuchen angenommen werden dürfe, dass während der ganzen Dauer der einzelnen der Hydrodiffusionsprocess als constant in der Beziehung angesehen werden könne, dass das Verhältniss zwischen Salz- und Wasserstrom dasselbe bleibe, d. h. das endosmotische Aequivalent sich nicht ändere. Die Versuche, welche dort angestellt wurden, bestanden einfach in Aequivalentbestimmungen durch qualitativ gleiche, aber verschieden lange Zeiten andauernden Versuchen. Als Resultat ergab sich, dass das Aequivalent stets zwischen denselben Grenzen schwanke, gleichgiltig, ob man die einfache oder doppelte Zeit die Versuche andauern lasse. Daraus wurde jedoch keine bestimmte Folgerung gezogen, sondern die dreifache Möglichkeit zugelassen, dass entweder wirklich zu allen Zeiten des Versuches die Diffusionsströme denselben absoluten Werth behaupten, oder sich proportional ändern, oder dass endlich die Aenderungen so klein seien, oder in so kurzen Zeiten vor sich gingen, dass sie mit Hülfe der bis dahin angewandten Methode der Aequivalentbestimmungen nicht zu entdecken seien; denn in der That dauerten die kürzesten Versuche gegen zwei Stunden an und erlauben daher die Annahme, dass in noch kürzern Zeiten Aenderungen in der Grösse der Diffusionsströme vor sich gehen können, welche durch eine längere Dauer des Versuches verdeckt werden. —

Die sogleich mitzutheilenden Versuche wurden in der folgenden Weise angestellt. Die mit festem Chlornatrium und einer concentrirten Lösung desselben Salzes gefüllte Diffusionsröhre ging durch einen durchbohrten Kork, der auf ein kleines Glas passte; ausserdem war sie selbst mit einer Kautschuklamelle, durch welche ein mit einem Pinsel versehenes Stäbchen behufs des Umrührens ging, zugebunden; letzteres hatte den Zweck, Verdunstung während des Versuches selber, ersteres den, solche während des Wägens von der Membran aus nämlich zu verhüten, indem dies in der Weise geschah, dass die Röhre mit Hülfe ihres Korks in das gedachte Glas eingesetzt wurde. Es ist nun klar, dass die Grösse des Wasserstromes erhalten wird, aus der Zunahme der vor und nach einem Diffusionsversuch gewogenen, die Salzlösung enthaltende Röhre, vermehrt um das Gewicht des ausgetretenen Salzes. Natürlich wurde die Röhre jedesmal nach ihrer Herausnahme aus dem Wasser sorgfältig mit Fliesspapier abgetrocknet. Die Grösse des Salzstromes wurde direkt durch Abdampfen des Wassers bestimmt, in welches diffundirt wurde. Es betrug dies für jeden einzelnen Versuch gegen 50 Grms.

Haut wie früher 12 Stunden in aq. dest., glatte Seite gegen das Kochsalz.

Zeit.	Salzstrom.	Wasser-strom.	Aeq.	Temp. R.	Zeit.	Salzstrom.	Wasser-strom.	Aeq.	Temp. R.
Mai 24. 9h 7 9" 37	0,444	1,415	3,2	13,8 14,4	1h 13 1" 43	0,463	1,476	3,2	14,6 14,4
9" 44 10" 14	0,431	1,374	3,1	14,4 14,0	1" 53 2" 23	0,472	1,476	4,6	3,11
10" 24 10" 54	0,449	1,434	3,2	14,7 14,3	2" 34 3" 4	0,466	1,484	3,2	14,7
11" 1 11" 31	0,437	1,403	3,2	14,7 14,4	3" 13 3" 43	0,440	1,386	3,1	14,3
11" 50 12" 20	0,464	1,488	3,2	14,6 14,5	3" 52 4" 22	0,433	1,369	3,2	14,4
12" 31 1" 1	0,457	1,393	3,0	14,6 14,5	4" 30 5" 0	0,442	1,312	3,0	14,9

Zeit.	Salzstrom.	Wasser-strom.	Temp. R.	Aeq.
Die Membran wurde bei 9° R. ausgewässert, bis				
Mai 25.				
9h 45 – 10" 15	0,456	1,530	14,4 – 14,0	3,3
10" 23 – 10" 53	0,473	1,535	14,4	3,2
11" 1 – 11" 31	0,466	1,629	14,5 – 14,4	3,4?

Zeit.	Salzstrom.	Wasser-strom.	Temp. R.	Aeq.
Membran bei 9° ausgewässert, bis				
Mai 26.				
9h 7 – 9" 37	0,457	1,574	14,6 – 14,2	3,4
9" 45 – 10" 15	0,447	1,439	14,4 – 14,0	3,2
10" 25 – 10" 55	0,463	1,539	14,4 – 14,2	3,3

Wir erkennen hieraus, dass für die bisher angewandten Membranen und Flüssigkeiten sich auch der *Wasserstrom constant erhält,* und sich mithin der Werth des endosmotischen Aequivalentes nicht ändert. Es versteht sich wohl von selbst, dass ich für Zeiten, die ausserhalb der im Versuch erwähnten liegen, Nichts sagen kann. Möglich bleibt es allerdings, dass innerhalb der ersten halben Stunde, nach deren Verlauf die erste Bestimmung ausgeführt wurde, Aenderungen in dem gegenseitigen Verhältniss des Wasser- und Salzstromes auftreten. Ich habe versucht, diese nachzuweisen, die Versuche stimmten aber so wenig wegen der geringen Salz- und Wassermengen, die dann zur Wägung kamen, mit einander überein, dass Nichts damit anzufangen war. Sollte die Frage weiteres Interesse gewinnen, so müsste man die Schwierigkeiten durch die Anwendung ungewöhnlich grosser Blasenstücke zu überwinden suchen. Eins können wir von diesen etwaigen Veränderungen jedoch auch jetzt schon sagen, nämlich das, dass sie sehr *klein* sein müssen, da sie ja das schliessliche Resultat nicht ändern. Der Salzstrom der ersten halben Stunde ist höchstens ein wenig geringer, als der der folgenden; dasselbe ist mit dem Wasserstrom der Fall, da ja das Aequivalent dasselbe bleibt. Wenn wir in der Vorstellung auch gezwungen sind, anzunehmen, dass mit dem Moment des Eintauchens einer Diffusionsröhre in Wasser nicht sogleich die beiden endosmotischen Ströme in ihrer schliesslichen Stärke einherschreiten, sondern nicht näher gekannte und darum in

verschiedener Weise vorstellbare Zwischenstufen durchlaufen, so wird dieser Theil des Processes, der Erfahrung gemäss, doch bei den bisher gewählten Combinationen in verhältnissmässig kurzer Zeit abgemacht, und wir können demgemäss für jene die Constanz der endosmotischen Aequivalente für Zeiten behaupten, die einestheils nicht zu kurz sind, um überhaupt noch eine fehlerfreie Bestimmung beider Ströme zuzulassen, anderntheils nicht so lang und unter solchen Umständen gewählt werden, dass die Membran wesentliche Aenderungen erleidet. Man vergleiche übrigens hiermit die analogen Versuche, welche mit der Cornea des Ochsen angestellt wurden, für welche jener Zeitraum des Uebergangs zum constanten Process fühlbarer ist.

§. 4. Von der Abhängigkeit der Diffusionsgeschwindigkeit von der *Natur der diffundirenden Salze.*

Bei allen zur Entscheidung dieser Frage angestellten Versuchen war, wie die folgenden Tabellen ergeben werden, die Temperatur keinen sehr grossen Schwankungen unterworfen, ihr Einfluss also zu vernachlässigen. Ich führte die betreffenden Experimente in folgender Weise aus. Für eine wie früher behandelte Blase wurde durch in der Regel zwei bis drei Versuche nach Art der in Tab. S. 3. erwähnten die mittlere Menge eines gewissen Salzes bestimmt, welche in einer bekannten Zeit durchwandert und dann nach vollkommn'em Auswässern die entsprechende Menge eines andern Salzes in derselben Weise für dieselbe Zeit ermittelt. Selbstverständlich wurde die Diffusionsröhre stets mit festem Salz und einer concentrirten Lösung desselben Salzes gefüllt und durch Umrühren concentrirt erhalten. Im Allgemeinen rechtfertigte ich mir dies Verfahren durch die am Ende des §. 1 mitgetheilten Versuche. Die Resultate könnten wohl im Einzelnen eine noch grössere Uebereinstimmung zeigen; es ist mir aber bei der grössten Sorgfalt nicht gelungen, eine bessere herzustellen. Von meinen Versuchen wähle ich zwei der bessern Reihen aus. Die Zahlen sind Mittelzahlen aus je zwei oder drei Versuchen, die nicht länger andauerten, als mit Sicherheit nach

frühern Versuchen anzunehmen war, dass die in das Wasser übergegangenen Salzmengen nicht solche Concentrationen darstellten, welche das Resultat wesentlich abändern konnten.

Erste Versuchsreihe.

1. Versuche, um das Verhältniss der Diffusionsgeschwindigkeiten von Kochsalz und schwefelsaurem Natron zu ermitteln.

Membran.	In einer Stunde durchgegangene Kochsalzmenge.		In einer Stunde durchgegangenes schwefelsaures Natron.		Temp. R.	Geschwindigkeitsverhältniss; Ges. des NaO SO_3 = 1.
	Röhre von 5,5 mmD.	Röhre von 3,2 mmD.	Röhre von 5,5 mmD.	Röhre von 3,2 mmD.		
Herzbeutel der Kuh, 2 Stdn. in aq. dest., glatte Seite gegen das Salz.		1,241		0,331	17,8 18,5	3,8
Dessgleichen; 10 Stdn. in aq. dest.	2,248		0,568		13,6 13,8	4,0
		0,860		0,193	13,4 13,6	4,4
Dessgl.; 2 Stdn. in aq. dest.		1,294		0,313	14,5 15,0	4,1
	3,052		0,682		14,5 15,2	4,4
					Mittel	4,1

2. Versuche, um das Verhältniss der Diffusionsgeschwindigkeiten von Kochsalz und salpetersaurem Baryt zu ermitteln.

Membran.	In einer Stunde durchgegangenes Kochsalz.		In einer Stunde durchgegangener salpetersaurer Baryt.		Temp. R.	Verhhältniss der Geschw., Geschw. des BaO NO_5 = 1.
	Röhre von 5,5 mmD.	Röhre von 3,2 mmD.	Röhre von 5,5 mmD.	Röhre von 3,2 mmD.		
Membran nach 2stünd. Liegen in aq., wie früher aufgebunden.	3,052		0,604		14,5 15,2	5,1
Dessgl., vorher 24 Std. in aq. dest.	2,920		0,554		16,6 17,4	5,2

Membran.	In einer Stunde durchgegangenes Kochsalz.		In einer Stunde durchgegangener salpetersaur. Baryt.		Temp. R.	Verhältniss der Geschw., Geschw. des BaO NO_5 = 1.
	Röhre von 5,5 mmD.	Röhre von 3,2 mmD.	Röhre von 5,5 mmD.	Röhre von 3,2 mmD.		
dessgl., vorher 3 Stdn. in aq. dest.		0,696		0,143	14,2 14,6	4,9
dessgl., vorher 2 Std. in aq. dest.	3,452		0,648		14,2 16,0	5,3
dessgl., vorher 26 Std. in aq. dest.	2,404		0,449		14,5 15,9	5,4
dessgl., vorher 24 Std. in aq. dest.		0,928		0,181	16,6 17,4	5,1
					Mittel	5,2

3. Versuche, um das Verhältniss der Diffusionsgeschwindigkeiten von Kochsalz und phosphorsaurem Natron zu ermitteln.

Membran.	In einer Stunde durchgegangenes Kochsalz.		In einer Stunde durchgegangenes phosphors. Natron.		Temp. R.	Verhältniss der Geschw., Gesch. des NaO PhO_5+HO = 1.
	Röhre von 5,5 mmD.	Röhre von 3,2 mmD.	Röhre von 5,5 mmD.	Röhre von 3,2 mmD.		
Frischer Herzbeutel vom Ochsen, vorher 2 Stdn. in aq. dest.		1,294		0,133	14,7 15,0	9,8
dessgleichen	3,052		0,268		14,8 15,2	11,4
dessgleichen		1,596		0,132	14,7 15,0	12,0
dessgleichen		0,762		0,121	14,5 16,2	11,7
					Mittel	10,7

Nennt man die Geschwindigkeit des am langsamsten diffundirenden phosphorsauren Natrons 1, so erhält man folgenden Vergleich.

Salz.	Geschwindigkeit.	Salz.	Geschwindigkeit.
Phosphorsaures Natron	1	Schwefels. Natron	2,5
Salpetersaurer Baryt	2,1	Kochsalz	10,7

Am unsichersten möchte in dieser Uebersicht die Vergleichung der Diffusionsgeschwindigkeit des *phosphorsauren Natrons* mit der des Kochsalzes sein. Von dem erstern gehen überhaupt sehr geringe Mengen durch, und sind diese schon desshalb unsicher bestimmbar. Noch mehr wird das letztere eintreten, wenn die Temperatur während der Dauer der Versuche auffällig schwankt. Man wolle desshalb auch die betreffende Zahl nur für eine grobe Annäherung halten.

Selbstverständlich gilt dieser Vergleich nur für die in voriger Tabelle verzeichneten Temperaturen; schon desshalb, weil mit Ausnahme des Kochsalzes die Salze bei verschiedenen Temperaturen verschieden löslich sind muss das Verhältniss ihrer Diffusionsgeschwindigkeiten eine Function der Temperatur sein, noch mehr aber, weil nicht zu erwarten steht, dass bei gleicher Löslichkeit bei allen Temperaturen das Geschwindigkeitsverhältniss dasselbe bleibe.

Zweite Versuchsreihe.

Bei der vorigen Versuchsreihe wollte es mir scheinen, als ob die einzelnen Versuche eine grössere Uebereinstimmung zeigten, wenn die Röhren mit geringerem Durchmesser in Anwendung kamen. Diese habe ich daher bei dieser Versuchsreihe ausschliesslich angewandt. Ueberdies sind die Temperaturen andere und unterliegen viel kleinern Schwankungen [1]).

---

[1]) Die Zahlen jeder Reihe sind Mittelzahlen aus zwei, bisweilen auch aus drei Versuchen.

1. Vergleichung der Diffusionsgeschwindigkeiten von phosphorsaurem Natron und salpetersaurem Baryt.

Membran.	In einer Stunde diffundirtes phosphorsaures Natron.	In einer Stunde diffundirter salpetersaurer Baryt.	Temp. R.	Geschwindigkeitsverhältniss; Geschw. des phosphors. Natr. = 1.
Herzbeutel, wie früher, vorher 1 Stunde in aq. dest.	0,123	0,440	7,6 8,0	3,5
dessgleichen	0,098	0,341	7,6 8,0	3,4
dessgleichen	0,100	0,355	7,5 7,9	3,5

2. Vergleichung der Diffusionsgeschwindigkeit von phosphorsaurem Natron und schwefelsaurem Natron.

Membran.	In einer Stunde durchgegangenes phosphorsaures Natron.	In einer Stunde durchgegangenes schwefels. Natron.	Temp. R.	Geschwindigkeitsverhältniss; Geschw. des phosphors. Natr. = 1.
wie früher.	0,098	0,311	7,6 8,0	3,4
wie früher.	0,095	0,312	7,6 7,9	3,3

3. Vergleichung der Diffusionsgeschwindigkeit von phosphorsaurem Natron und Kochsalz.

Membran.	In einer Stunde durchgegangenes phosphors. Natron.	In einer Stunde durchgegangenes Kochsalz.	Temp. R.	Geschwindigkeitsverhältniss; Geschw. des phosphors. Natr. = 1.
wie früher.	0,100	2,226	7,5 7,9	22,2
wie früher.	0,095	2,006	7,6 7,9	21,1

Nennt man auch hier die Geschwindigkeit des am langsamsten diffundirenden phosphorsauren Natrons 1, so hat man folgenden Vergleich:

Phosphorsaures Natron.	Salpetersaurer Baryt.	Schwefelsaures Natron.	Kochsalz.	Temp. R.
1	3,5	3,3	21,6	7,5 8,0

Die jetzt erhaltenen Resultate stimmen nicht genau mit denen in der ersten Versuchsreihe enthaltenen, können es auch nicht wegen des grossen Temperaturunterschiedes, der zwischen beiden liegt. Insbesondere begreift man recht gut, wesshalb hier die Diffusionsgeschwindigkeit 21 für das Kochsalz erscheint; es liegt nämlich jetzt die bei 7—8° diffundirte und darum viel kleinere Menge des phosphorsauren Natrons als Einheit zu Grunde. Die Ordnung aber, in welcher die Salze nach ihrer Diffusionsgeschwindigkeit folgen, ist nahezu dieselbe geblieben. Uebrigens hängt es ganz von der Natur der Salze ab, ob sich diese Ordnung durch alle Temperaturen erhält, oder möglicher Weise auch ändert. Da man bemerkt, dass im Allgemeinen die Salzströme um so grösser sind, je löslicher das Salz in Wasser ist, so fragt man sich, ob nicht die Diffusionsgeschwindigkeiten in demselben Verhältnisse stehen möchten, wie die Procentgehalte der betreffenden Salzlösungen. Indem man sich beide neben einanderstellt, überzeugt man sich jedoch, dass die vorhandenen Versuche eine Proportionalität nicht andeuten. Die erste Versuchsreihe kann wegen der grössern Temperaturschwankungen gar nicht benutzt werden. Die zweite liefert folgende Uebersicht.

Salz.	Verhältniss der Diffusionsgeschwindigkeit bei 7,5—8,0	Procentgehalt der gesättigten Lösung bei 7°.	Verhältniss der %-Gehalte [1].
Phosphors. Natron	1	3,5	1
Salpetersaurer Baryt	3,5	5,9	1,7
Schwefels. Natron	3,3	6,9	2,0
Kochsalz	21,4	26,5	7,5

[1]) Für das $NaO\,PhO_5 + HO$ habe ich den %-Gehalt durch Versuche bestimmt; für das Kochsalz mich der Angabe bedient, in 100 Theilen Lösung sind 26,5 NCl; für den salpeters. Baryt den %-Gehalt berechnet, nach der Gleichung: 100 Theile *Wasser* lösen bei t° $L = 5{,}00 + 0{,}17179\,t + 0{,}0017406\,t^2$, dessgl. für wasserfreies schwefels. Natron nach: 100 Theile *Wasser* lösen bei t° $L = 5{,}02 + 0{,}30594\,t - 0{,}000410^2 + 0{,}0009977\,t^3$. Da die Diffusionsgeschwindigkeit des salpeters. Baryts und schwefels. Natrons nicht wesentlich von einander differiren, so wird man keinen grossen Werth auf die kleine Abweichung in der Ordnung dieser Tabelle von der S. 23 legen. Es hatte für mich kein besonderes Interesse, eine grössere Anzahl von Versuchen wegen dieser kleinen Abweichung anzustellen.

Es würde jedoch voreilig sein, mit diesen wenigen Versuchen den berührten Punkt als abgemacht zu betrachten. Es soll ihnen daher auch nur der Werth beigelegt werden, dass sie für einige Salze eine Vorstellung von ihrer relativen Diffusionsgeschwindigkeit geben und zeigen, wie diese *im Allgemeinen mit dem Procentgehalt der Salzlösung wächst, eine Proportionalität aber zwischen jener und diesem nicht besteht.*

Zum Ueberfluss habe ich noch zwei Versuchsreihen angestellt, in denen die Diffusionsgeschwindigkeiten des salpetersauren Baryts und schwefelsauren Natrons mit der des Kochsalzes und die erhaltenen Verhältnisse mit denen der bezüglichen Procentgehalte verglichen wurden. Ich erhielt:

Für salpetersauren Baryt und Kochsalz:

Verhältniss der Diffusionsgeschwindigkeiten, die des salpeters. Baryts = 1	Temp. R.	Verhältniss der %-Gehalte
8,4		
8,5	2,5	5,2
8,8		
8,3		

Für schwefelsaures Natron und Kochsalz:

Verhältniss der Diffusionsgeschwindigkeiten, die des schwefels. Natrons = 1.	Temp. R.	Verhältniss der %-Gehalte.
7,6		
7,7	4,0	4,5
7,6		

Die Verhältnisse der Diffusionsgeschwindigkeiten weichen also auch hier wieder hinlänglich von den Verhältnissen der %-Gehalte ab. Vergleicht man die erstere mit denen, welche sich aus der Tabelle S. 23. ableiten, so sind sie hier etwas grösser, welches auch wegen der niedern Temperatur und folglich geringern Löslichkeit des schwefelsauren Natrons und salpetersauren Baryts sein muss.

§. 5. Die Abhängigkeit der Diffusionsgeschwindigkeit von der *Temperatur*.

Auf die Diffusionsgeschwindigkeit hat ausser den bisher besprochenen Umständen ferner die Temperatur einen wesentlichen Einfluss. Um diesen zu studiren, verfuhr ich in folgender Weise. Als Blase wandte ich die schon oft beschriebene an. Um die mittleren Werthe der bei verschiedenen Temperaturen durch *dasselbe* Membranstück gehenden Salzmengen zu bestimmen, stellte ich mir zunächst grosse Wasserbäder von constanter Temperatur her. Gewöhnlich dienten mir dazu grosse hölzerne Wasserzüber. Füllt man diese mit Wasser einer bestimmten Temperatur, so kann man darin die Temperatur schon gegen zwei Stunden ziemlich constant erhalten. Etwaigen kleinen Aenderungen kann man durch kleine Correcturen schon nachhelfen. Bei der grossen Diffusionsgeschwindigkeit des Kochsalzes, das ich auch hier wieder anwandte, weil wegen seiner gleichen Löslichkeit bei allen Temperaturen, der Einfluss der Temperatur auf die Diffusionsgeschwindigkeit rein hervortritt, habe ich mit jenen Mitteln zur Erhaltung einer constanten Temperatur ausgereicht, da man insbesondere bei den höheren Temperaturen, welche am schwierigsten constant auf jene Weise zu erhalten sind, nur eine verhältnissmässig kurze Zeit bedarf. In jene Wasserbäder stellte ich auf passende Unterlagen eine Anzahl mit etwa 90 Gr. destillirten Wassers gefüllte Gläser, in welche später diffundirt wurde. Vor der Anstellung der Versuche liess ich diese Gläser in der Regel eine ganze Stunde in dem Wasser stehen, damit sie vollkommen die Temperatur des Wasserbades annehmen sollten. Kein Versuch wurde angestellt, während die Temperatur des Wasserbades noch stieg, sondern es wurde erst dann begonnen, wenn die Temperatur sich längere Zeit constant gezeigt hatte, oder anfing abzunehmen. Für jede Temperatur wurden 3—4 Versuche angestellt und zwar mit der Vorsicht endlich, dass wenn für eine gewisse Temperatur eine Bestimmung ausgeführt werden sollte, vorher die Diffusionsröhre in eins jener Wassergefässe auf eine halbe Stunde eingesenkt wurde, ohne die durchgehende Salzmenge zu

bestimmen, damit sowohl die Salzlösung die beabsichtigte Temperatur, als auch der Diffusionsprocess die ihm bei dieser zukommende *constante* Geschwindigkeit annehmen sollte. Die Temperatur wurde stets in dem Wassergefäss bestimmt, in welches das Salz diffundirte. Immerhin jedoch kleben den Versuchen kleine Unbestimmtheiten an, insbesondere namentlich dann, wenn man etwas höhere Temperaturgrade, 20—30° R. anwendet. In diesem wärmeren Wasser nämlich lösen sich einzelne Membrantheilchen auf, und die solchen Temperaturgraden entsprechenden Salzmengen sind nicht mehr die reine Folge der reinen Molekularveränderungen der Membran in Folge der erhöhten Temperatur, sondern auch der durch Lösung bewirkten Vergrösserung der Poren. Es geht diess daraus hervor, dass die bei niedern Temperaturgraden durchgehenden Salzmengen, wenn man sie vor und nach der Anwendung höherer Temperaturgrade bestimmt, öfters ungleich und zwar die letzteren grösser ausfallen. Bei dickern Menbranstücken macht sich dieser Einfluss jedoch weniger geltend, auch ist er in der Regel so klein, dass er auf die Erkennung des allgemeinen Gesetzes, welchem die Diffusionsgeschwindigkeit in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur folgt, keinen Einfluss übt. Von mehreren Versuchsreihen, die im Allgemeinen dasselbe Gesetz darstellen, hebe ich die gelungenste heraus.

Frischer Herzbeutel des Ochsen, vorher 18 Stunden in aq. dest.

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	In einer halben Stunde durchgehende Salzmenge.	Mittel.	Mitteltemperatur.
9h 15 9„ 45	0,300	7,8 8,2	0,300		
9„ 45 10„ 15	0,297	7,85 8,05	0,297	0,303	8,0
10„ 15 10„ 45	0,303	8,0 8.0	0,303		
10„ 45 11„ 15	0,313	8,0 8,05	0,313		

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	In einer halben Stunde durchgehende Salzmenge.	Mittel.	Mitteltemperatur.
Diffusion bei 30°, ohne die durchgehende Salzmenge zu bestimmen, bis					
12h 51 1" 21	0,400	13,6 13,9	0,400		
1" 21 1" 51	0,389	13,8 14,1	0,389	0,396	13,8
1" 51 2" 21	0,397	13,6 14,0	0,397		
2" 21 2" 51	0,397	13,9 13,9	0,397		
Diffusion bei 18°, ohne die durchgehende Menge zu bestimmen, bis					
3h 10 3" 30	0,316	18,2 18,3	0,474		
3" 30 3" 50	0,316	18,2 18,3	0,474	0,474	18,3
3" 50 4" 10	0,316	18,3 18,4	0,474		
4" 10 4" 30	0,318	18,3 18,4	0,474		
Diffusion bei 22°, ohne die durchgegangene Menge zu bestimmen, bis					
4h 52 5" 7	0,268	22,6 22,4	0,536		
5" 7 5" 27	0,363	22,4 22,6	0,544	0,549	22,5
5" 27 5" 47	0,379	22,4 22,6	0,567		
In einem Wasserdampfraum aufbewahrt bis zum folgenden Morgen, dann eine halbe Stunde bei 9° diffundirt, hierauf die folgenden Bestimmungen:					
6h 54 7" 24	0,390	9,8 9,7	0,390		
7" 24 7" 54	0,350	9,3 9,8	0,350	0,364	9,6
7" 54 8" 24	0,352	9,4 9,8	0,352		

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Temp. R.	In einer halben Stunde durchgehende Salzmenge.	Mittel.	Mitteltemperatur.
Diffusion bei 26°, ohne die durchgehenden Mengen zu bestimmen, bis					
8^h 42 8" 57	0,323	25,9 26,0	0,646		
8" 57 9" 12	0,301	26,0 26,0	0,602		
9" 12 9" 27	0,315	26,0 26,0	0,630	0,628	26,0
9" 27 9" 42	0,318	26,0 26,1	0,636		

Versucht man hieraus eine Formel zu entwickeln, welche die Abhängigkeit der durchgehenden Kochsalzmengen von der Temperatur ausdrückt, so ergibt sich, dass die Gleichung:

$$y = a + bt + ct^2$$

diese Abhängigkeit mit hinlänglicher Genauigkeit angibt. Für die vorstehende Versuchsreihe leitete ich aus den besten Beobachtungen durch Bestimmung der Coëfficienten die folgende Gleichung her:

$$y = 0{,}1738 + 0{,}01503\, t + 0{,}0000599\, t^2.$$

Hiernach die beobachteten und berechneten Werthe neben einander gestellt, ergibt sich:

Temp. R.	Berechnete Salzmenge.	Beobachtete Salzmenge.	Temp. R.	Berechnete Salzmenge.	Beobachtete Salzmenge.
8,0	0,298	0,303	18,3	0,469	0,474
9,6	0,324	0,364	22,5	0,542	0,549
13,8	0,393	0,396	26,0	0,604	0,628

Da ich in der Abhandlung über das endosmotische Aequivalent des Kochsalzes die Unveränderlichkeit des Aequivalentes bis noch jenseits der hier in Anwendung gekommenen Temperaturen nachgewiesen habe, so muss der Wasserstrom demselben Gesetz folgen.

(Die Fortsetzung, die Abhängigkeit der Diffusionsgeschwindigkeit von der Concentration umfassend, folgt.)



Zweite Abhandlung.

Ueber Hydrodiffusion durch vegetable parchment, Thonzellen und die Cornea.

Von

C. Eckhard.

Da ich über das endosmotische Aequivalent und die endosmotische Diffusionsgeschwindigkeit bezüglich einer Scheidewand, des Herzbeutels des Ochsen nämlich, eine Anzahl Erfahrungen gesammelt hatte, machte ich den Versuch, auch andere Scheidewände mit Rücksicht auf beide Punkte zu untersuchen. Ich habe dazu die drei in der Ueberschrift genannten gewählt und wende mich sogleich zur Mittheilung der für jede einzelne gemachten Erfahrungen.

I. Hydrodiffusion durch vegetable parchment.

Ich lernte dies eigenthümliche Product bei meiner Anwesenheit in London im vergangenen Herbst durch Herrn Prof. Dr. Hofmann kennen, gerade zu der Zeit, als er eben seinen Bericht über die Eigenschaft desselben veröffentlicht hatte. Seiner Güte verdanke ich auch die Proben, welche zu den nachfolgenden Versuchen benutzt wurden. Nach den von Hofmann ausgemittelten Eigenschaften des *vegetable parchment* konnte man auf den Gedanken kommen, dass dasselbe eine für endosmotische Versuche vortrefflich sich eignende Scheidewand abgeben möchte, um so mehr, als die Vorstellung nahe lag, dass durch die Einwirkung der Schwefelsäure auf das gewöhnliche Papier aus der Rindenschicht der Fasern sich vielleicht eine der Holzfaser isomere breiartige Substanz bilde, welche die Räume zwischen den Fasern ausfülle, durch ihre Verklebung mit denselben die grosse Festigkeit des Papiers bedinge, und wegen ihrer Homogenität sich besonders geeignet für Hydrodiffusionsversuche erweisen möchte. Mehr konnte nicht

erwartet werden, denn schon die erste microscopische Untersuchung zeigt, dass das vegetabilische Pergament nicht etwa eine durch und durch umgewandelte, in all ihren Theilen homogen gewordene Masse ist, sondern dass es, gleich gewöhnlichem Papier, noch die deutlichen Fasern zeigt, die durch eine Zwischenmasse, welche entweder feinkörnig, oder als wie aus viel feinen Fäserchen zusammengesetzt erscheint, verbunden sind. Der einzige microscopische Unterschied *scheint* in einem grössern Reichthum dieser verbindenden Substanz zu bestehen; doch lässt sich dies nur dann einigermassen mit Bestimmtheit ermitteln, wenn Proben derselben Papiersorten zu Gebote stehen, welche zur Bereitung des untersuchten vegetable parchment gedient haben.

Bei Anstellung der Versuche, die sich nur auf *Aequivalentbestimmungen* erstreckten, verfuhr ich in folgender Weise: Ich weichte das Papier in destillirtem Wasser so weit auf, dass es mit einem Bindfaden auf eine Diffusionsröhre aufgebunden werden konnte. Da man augenscheinlich auf diese Weise wegen eines gewissen Grades von Steifheit, welchen auch das aufgeweichte Papier beibehält, keinen festen Schluss erzielt, so trocknete ich die so damit vorgerichtete Röhre wieder vollständig und kittete dann das aufgebundene Papierstück mit Siegellack an die Glasröhre fest. Nachdem die Scheidewand von Neuem aufgeweicht war, prüfte ich sie, indem ich ihr Verhalten gegen einen einige Zoll hohen Wasserdruck untersuchte. Dabei ergab sich die Aufbindungsart als untadelhaft, aber durch die Scheidenwände selbst gingen sehr *wandelbare* Wassermengen, selbst bei Anwendung desselben Stückes zu wiederholten Druckversuchen; durch alle aber ging mehr Wasser, als wenn ich mich der bisher bei meinen Hydrodiffusionsversuchen angewandten Herzbeutel bediente, obgleich die Dicke der angewandten Papiersorte die Dicke jener Membranen zum mindesten erreichte. Schon dies erweckte wenig Hoffnung, dass sich das vegetable parchment zur Bestimmung der im Hydrodiffusionsprocess auftretenden Constanten und zum nähern Studium der Eigenschaften des erstern eignen würde. Doch habe ich eine ziemlich grosse Anzahl von Aequivalentbestimmungen ausgeführt. Die Resultate aber fielen nicht befriedigend aus. Die Aequivalente schwankten zwischen 2,1—6,0,

und selbst ein und dasselbe Stück gab nicht selten bei Wiederholung des Versuches ein stark von den frühern, mit demselben angestellten Versuchen abweichendes Resultat. Es kann sich somit unser Präparat nicht im Entferntesten in dieser Beziehung mit den thierischen Häuten messen, ein Umstand, der natürlich den sonstigen guten Eigenschaften desselben keinen Eintrag thut. Ich habe diese Erfahrungen mittheilen wollen, um einem Andern, der sich vielleicht versucht finden sollte, das vegetabilische Pergament auf dieselbe Eigenschaft zu untersuchen, die Mühe zu ersparen.

II. Hydrodiffusion durch Thonzellen.

Wenn auch meine Erfahrungen über diese Angelegenheit noch nicht so zahlreich, als ich wünschte, sind, und wenn sie ausserdem auch nicht der Art sind, dass ich glaubte, sie könnten der Theorie eine entscheidende Richtung geben, so scheint mir doch jeder experimentelle Beitrag über diese Angelegenheit nicht ohne Werth zu sein. Was ich bis jetzt mitzutheilen habe, sind einzig und allein *Aequivalentbestimmungen* unter denselben sehr einfachen Bedingungen, die auch bisher für die von mir ausgeführten festgehalten wurden, dass nämlich während des ganzen Verlaufs des Processes concentrirte Salzlösung sich gegen reines Wasser austauscht. Nach meinen Erfahrungen und dem daraus erwachsenen Urtheil scheint mir das Studium des Hydrodiffusionsprocesses durch Thonplatten in der Ausführung einer überaus grossen Vorsicht zu bedürfen, und man entschuldige daher, wenn ich bei der Mittheilung meiner Methode scheinbar etwas ins Kleinliche und Unbedeutende verfalle. Die Thonplatten, deren ich mich zu meinen Versuchen bediente, waren die Böden von Thonzellen, deren man sich zu den galvanischen Batterien bedient. Das ist zwar ein sehr unbestimmter Ausdruck, ich weiss aber nicht, wie ich jene bezeichnen sollte, um sie von allen andern der Art zu unterscheiden, wenn ich daran denke, dass nicht allein das chemische Material solcher Zellen, sondern auch ihr ganzer durch das Feuer erhaltener physikalischer Bau sehr verschieden sein kann, ohne dass wir im Augenblick im Besitz der Mittel sind, gerade diejenigen Eigenschaften

5*

hervorzuheben, welche die Grösse und die Eigenthümlichkeit des in Rede stehenden Processes beinfluiren. Jene Scheidewände nun habe ich in doppelter Weise für Endosmosenversuche hergerichtet. Die erste Art bestand darin, dass ich die Wände der Thonzellen mit Wachs imprägnirte, um nicht allein die Diffusionsströme in einer bestimmten Richtung gehen zu lassen, sondern vielmehr in den Stand gesetzt zu sein, hydrostatische Druckdifferenzen auszuschliessen, was nicht angeht, wenn auch die Seitenflächen jener Zellen diffundiren. Ich führte dies in der Weise aus, dass ich in einem cylindrischen Gefäss von ein wenig geringerer Höhe als die zu imprägnirende Thonzelle Wachs schmolz, in dieses die Thonzelle, die Mündung zu unterst bis nahe an den Boden einsenkte, und so etwa eine Viertelstunde mit dem heissen Wachs in Berührung liess, während eine gebogene Glasröhre, die mit ihrem einen Schenkel bis auf den Boden der Zelle ragte, der von dem in das Lumen der Zelle dringenden Wachs vertriebenen Luft zu entweichen erlaubte. Man muss jedoch diese Zeit der Imbibition mit Wachs überwachen, da sich dies auch durch Capillarwirkung in die nicht eingetauchten Theile der Wände und in den Boden zieht, um, wenn das Letztere stattzufinden droht, die Zelle herauszunehmen. Man erhält auf diese Weise zwar keine Fläche, an der alle seitlich gerichteten Diffusionsströme ausgeschlossen, aber doch auf ein Minimum reducirt sind und die wirksamen Druckdifferenzen auszuschliessen erlaubt; denn die Imbibition mit Wachs lässt sich eben nicht in einem der Bodenfläche des Cylinders genau parallelen und unendlich nahen Kreise abgrenzen. Die zweite Art der Herrichtung jener Scheidewände bestand darin, dass in die abgesägten Böden Glascylinder eingekittet wurden. Dies ist indess leichter gesagt, als befriedigend ausgeführt. Ich nahm Glasröhren mit recht dicken Wänden, machte die zu kittenden Flächen rauh, kittete mit Schellack und überzeugte mich *vor* und *nach* jedem Versuche, dass durch einen Druck von 4—6 Zollen Salzlösung Nichts an der gekitteten Stelle heraussickerte. Wenn man eine nach der zweiten Methode zubereitete gelungene Zelle hat, so hat sie vor einer nach der ersten Methode zubereiteten den Vorzug, dass man die hydrostatischen Druckdifferenzen besser unwirksam machen kann, indem

man durch die Glasröhre unmittelbar den Stand der innern Flüssigkeit beobachten kann, während man sich bei der Benutzung der mit Wachs imprägnirten Zellen anderer Mittel bedienen muss. Mit beiden Zellenarten habe ich nun versucht, das endosmotische Aequivalent des Kochsalzes nach den beiden bisher von mir angewandten Methoden zu bestimmen. Vor jedem Versuch wurde in allen Fällen die Zelle mehrere Stunden in aq. dest. gestellt, um ihre Porenräume mit Wasser zu füllen. Wir beginnen mit Versuchen nach der ersten Methode, welche darin besteht, dass in die Diffusionsröhre gewogene Salz- und Wassermengen gebracht und diese verglichen werden mit denen am Ende des Versuches erhaltenen. Concentration während der ganzen Dauer des Versuches gesättigt. Die Verdunstung wird durch Zubinden der Röhre mit einer Kautschuklamelle verhindert.

a. *Durch mit Wachs imprägnirte Thonzellen.*

Eingeführtes Salz.	Eingeführtes Wasser.	Am Schluss vorhandenes Salz.	Am Schluss vorhandenes HO.	Ausgetretenes Salz.	Eingetretenes HO.	Aeq.	Temp. R.	Versuchsdauer.
7,331	39,837	7,183	39,707	0,150	−0,130	−0,8	22,4	10^h 57 3^h 57
8,830	50.124	8,151	49,632	0,679	−0,492	−0,7	22,4	10" 17 3" 47
73,49	39,819	7,181	39,707	0,168	−0,112	−0,7	22,4	
b. *Thonscheidewände mit angekitteten Glasröhren* [1].								
9,777	55,966	9,454	55,697	0,323	−0,269	−0,8	8,8 10,8	6—7 Stunden.
12,106	50,567	11,806	50,486	0,300	−0,081	−0,02	13,8 13,6	
6,172	28,801	5,891	28,852	0,291	+0,051	+0,01	14,2 13,9	

[1]) Wenn ich von Versuchen durch solche rede, ist vorauszusetzen, dass ich nach Beendigung jedes Versuches mich überzeugt habe, dass durch einen Druck von 4—5 Zollen Wasser keine Flüssigkeit zwischen dem kittenden Schellack und der Glasröhre herausgetrieben wurde.

Alle diese mit der grössten Sorgfalt angestellten Versuche ergeben, mit Ausnahme eines einzigen Versuches, nie die eingeführte Wassermenge vollkommen wieder. Wir schliessen aus diesem Umstand, dass entweder gar keine wirkliche Hydrodiffusion besteht, oder dass das sogenannte endosmotische Aequivalent hier eine so kleine Grösse ist, dass sie bei dieser Art von Versuchen dem Nachweis entgeht. Unterstellt man die letztere Annahme, so liesse sich dafür allerdings der Umstand anführen, dass ein Theil des Wassers, welches man zum Ausspülen der Zelle anwendet und als auf nicht endosmotischem Wege eingeführtes Wasser mit in die Rechnung eingeht, in den zahlreichen Poren der Zellen haften bleibt, und dies könnte schon so viel sein, um ein kleines positives Aequivalent zu verdecken. Wir wenden uns dessbalb zu Versuchen, welche nach der zweiten schon früher geübten Methode angestellt worden sind, bei welcher dieser Fehler nicht vorkommen kann. Sie besteht bekanntlich darin, dass man die mit Salzlösung gefüllte Diffusionsröhre in ein vorher gewogenes Wassergefäss senkt, nach Beendigung des Versuches die Abnahme des Gewichts des Wassergefässes bestimmt, welche, um die ausgetretene Salzmenge, die man durch Abdampfen und Glühen erhält, vermehrt, die Grösse des Wasserstromes gibt. Um Verdunstung zu verhüten, befestigte ich die oben beschriebenen beiden Röhrenarten in Scheiben von Guttapercha, welche auf den Rändern der Wassergefässe ruhten und so die ersteren bequem trugen, so dass das Ganze in einen Wasserdampfraum gestellt werden konnte und somit keine Verdunstung aus dem Wassergefäss stattfand. Vorher wurde jedesmal die Höhe der Flüssigkeitssäule in der Diffusionsröhre gemessen, und darnach im umgekehrten Verhältnisse der specifischen Gewichte der Salzlösung und des Wassers die beiden Höhen der Flüssigkeitssäulen angeordnet.

c. *Versuche mit an Scheidewände angekitteten Glasröhren.*

Grösse des Salzstromes.	Grösse des HO-Stromes.	Aeq.	Temp. R.	Dauer.	Grösse des Salzstromes.	Grösse des HO-Stromes.	Aeq.	Temp. R.	Dauer.
0,149	0,260	1,7	3,6	11h	0,213	0,202	0,9	1,3	12h
0,223	0,332	1,5	1,2	12"	0,456	0,499	1,1	1,3	13"
0,242	0,265	1,1	1,3	12"					

Aber auch diese Versuche sind nicht frei von einem kleinen Vorwurf. Man kann nämlich sagen, was hier als Wasserstrom in die Rechnung mit eingeht, also aus dem Wassergefäss verschwunden ist, darf nicht sämmtlich als durch den Hydrodiffusionsprocess in das Innere der Zelle hinüberbefördert angesehen werden. Die Wassermenge, welche in der Dicke des Bodens noch im Process begriffen, als verschwunden betrachtet wird, hat noch keine entsprechende Salzmenge in das Wassergefäss herausbefördert, und darum muss das Aequivalent etwas zu *hoch* ausfallen. Man kann auf diesen Umstand noch mehr Gewicht legen, wenn man bedenkt, dass die Thonzelle, bevor sie in das Wassergefäss gesenkt wird, vorher mit Fliesspapier abgetrocknet wird, wobei ein Theil ihrer Poren mehr oder weniger entleert wird, in welche dann eine gewisse Menge Wasser eindringt, die mit einer Hydrodiffusion gar Nichts zu schaffen hat. Fällt aber nach unserer ersten Methode dasselbe zu niedrig aus, so würde, da die Abweichungen von der Null nach beiden Seiten hin nicht absolut weit auseinander gehen, folgen, dass bei der Anwendung von Thonzellen gar keine Endosmose stattfände. Um über diese Meinung sichere Andeutungen zu bekommen, wollen wir endlich noch eine Reihe von Versuchen nach der letzten Methode anstellen, die eine geraumere Zeit länger dauern, als die bisher aufgezählten. In solchen müssen die in der Dicke der Wand vorhandenen Wasserantheile gegen die durch Diffusion wirklich übergeführten, wenn eine solche besteht, fast verschwinden, und wir müssen uns der Wahrheit auf diese Weise viel mehr nähern. Bei Anwendung der an Glasröhren gekitteten Thonscheidewände wurde das Niveau, wie oben, regulirt; wo mit Wachs imprägnirte Thonzellen gebraucht wurden, habe ich mich mit einer annäherungsweisen Schätzung begnügen müssen.

Röhre.	Durchgegangenes Salz.	Eingetrenes HO.	Temp. R.	Versuchsdauer.	Aeq.
Thonz. m. Wachs imprägn.	0,371	+0,265	10°		+0, 6
Dieselbe	1,014	—0,100	8—12°	29h	—0,09
Glasröhre	0.650	+0,522	8—13°	28½h	+0, 8
Thonzelle	1,450	+0,103	8—12°	43h	+0,07

Röhre.	Durchgegangenes Salz.	Eingetretenes HO.	Temp. R.	Versuchsdauer.	Aeq.
Glasröhre	0,630	+0,308	8—13°	29h	+0,5
Dieselbe	0,860	+0,314	8—12°	48 „	+0,5
Thonzelle	2,282	+0,520	8—13°	72 „	+0,2

Jetzt haben die Aequivalente Werthe angenommen, die zwischen den früher erhaltenen liegen. Nach all diesen Versuchen muss ich nun, unabhängig von jeder theoretischen Vorstellung über diesen Vorgang, sagen, dass in Bezug auf diesen Process entweder von gar keinem Aequivalent geredet werden kann, oder dass es so klein ist, dass die bisher angewendeten Methoden zu einer sichern Bestimmung desselben nicht führen. Worin die Gründe der enormen Abweichungen meiner Resultate von denen Fick's zu suchen sind, weiss ich in der That nicht. Es ist wohl kaum anzunehmen, dass die physikalische Structur verschiedener Thonzellen so verschieden sein sollte, um jene Abweichungen zu erklären; doch muss man daran zunächst denken, und ich will zu gelegener Zeit mit anderem Material arbeiten.

III. Hydrodiffusion durch die Cornea des Ochsen.

Ich habe diese Haut endlich gerade noch ausgewählt, weil sie mir unter den thierischen Membranen am meisten der Forderung zu entsprechen schien, die man an solche Scheidewände stellt, welche die ächte molekuläre Hydrodiffusion zulassen sollen. Nicht allein ist die ganze Faserung der Cornea so undeutlich, dass sie, mit blosem Auge betrachtet, besonders dann, wenn sie mit Feuchtigkeit imbibirt ist, als eine homogene Masse erscheint, sondern sie zeigt auch in der membrana Descemetii eine Schicht, die in Fasern aufzulösen sich selbst die Microscopie zu ohnmächtig erklärt. Um sie anzuwenden, schnitt ich das Auge im Aequator durch und wählte eine Röhre von etwa 16mm. Durchmesser. So gross ist ohngefähr die Cornea des Ochsen, und wenn man dann als Aufbindungsstelle den Uebergang der Cornea in die Sclera wählt, erhält man die ganze Ausdehnung der Cornea als diffundirende Fläche. Immerhin ist diese verhältnissmässig klein., und es dauern desshalb und überdiess wegen ihrer grössern Dicke und vollkommnern Dichtigkeit als

die des Herzbeutels die einzelnen Versuche viel länger als bei diesem an. Die Versuche, welche ich mit dieser Haut angestellt habe, erstrecken sich theils auf reine Aequivalentbestimmungen, theils auf die Untersuchung der Abhängigkeit der durchgehenden Salzmenge von der Zeit, verbunden mit Aequivalentbestimmungen. Ich will mit der Mittheilung der ersteren beginnen.

1. Reine Aequivalentbestimmungen.

Sie geschehen nach der Art, wie sie im ersten Band der Beiträge für den Herzbeutel beschrieben sind. Ich will nicht alle Versuchszahlen geben, sondern begnüge mich mit der Angabe der in den beiden folgenden Tabellen verzeichneten Hauptresultate.

Haut.	Temp. R.	Versuchs-dauer.	Aeq.
Cornea des Ochsen 18 h in aq. dest., t. Desc. gegen das NCl.	9,0 11,2	5h 59	2,7
Dieselbe nach 16-stündigem Liegen in aq. dest.	9,4 10,7	7" 30	2,8
Dieselbe, wie vorher.	8,8 11,2	7" 30	2,7
Dieselbe, wie vorher.	11,4 12,4	7" 0	2,7

Haut.	Temp. R.	Versuchs-dauer.	Aeq.
Cornea des Ochsen, 4 h in aq. dest., t. Desc. gegen das Wasser; nach jedem Versuche wurde sie gegen 18 Stunden in aq. dest. ausgewässert.	12,1 13,1	7h 15	2,7
	11,6 13,2	7" 15	2,9
	12,4	8" 0	2,9
	12,9 13,4	5" 45	2,8
	13,0	7" 0	2,8

Man sieht, dass die Aequivalente nicht wesentlich von denen bei Anwendung des Herzbeutels erhaltenen abweichen. Im Allgemeinen fallen sie wohl 1—2 Zehntel niedriger aus, allein dies kann zum Theil darin seinen Grund haben, dass, da die wirklich durchgehenden Salzmengen wegen der geringern Ausdehnung und viel grössern Dicke der Membran immer klein sind, jene einer schärfern Bestimmung durch die in der Blase noch im Process begriffenen Salz- und Wasserantheile entgehen. Jedenfalls ist diese Abweichung unbedeutend, und es ist das endosmotische Aequivalent der viel dichteren und homogeneren Cornea kein wesentlich anderes als das des we-

niger dichteren Herzbeutels. Auf die Anwesenheit der structurlosen t. Desc. möchte ich desshalb keinen besondern Werth legen, weil man einwenden könnte, diese löse sich möglicher Weise während des Processes los und es komme somit hier nur eine scheinbare Diffusion durch eine structurlose Membran vor.

2. Die Abhängigkeit des endosmotischen Aequivalentes von der Zeit.

Auch hier brauche ich nichts Weiteres über die Untersuchungsmethode mitzutheilen, da es genau die oben S. 18 beschriebene ist. Ich gebe daher sogleich die Versuche. Ich halte es für überflüssig, sie alle mitzutheilen, da sie alle denselben Gang gehen.

a. *t. Desc. gegen das Kochsalz, Membran frisch aufgebunden, vor dem Gebrauch 24 Stunden in aq. dest. bei einer Temperatur von 4—5° R.*

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Durchgegangene Wassermenge.	Temp. R.	Aeq.
Nov. 6. 1858.				
8^h 52 11„ 52	0,244 für 4 Stunden = 0,324	0,437 Für 4 Stunden = 0,582	4,2 5,0	1,8
11„ 59 3„ 59	0,394	1,100	5,0	2,8
4„ 1 8„ 1	0,460	1,590	4,5 5,0	3,4 ?
Diffundirt, ohne die durchgegangene Menge zu bestimmen, bis				
Nov. 7.				
9^h 16 1„ 16	0,480	1,538	4,6	3,2
1„ 17 5„ 17	0,462	1,452	4,4 4,6	3,1
Wie oben, bis				
Nov. 8.				
8^h 42 12„ 42	0,472	1,427	4,9 5,0	3,0
12^h 43 4„ 43	0,480	1,450	4,0 4,9	3,0

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Durchgegangene Wassermenge	Temp. R.	Aeq.
Nov. 9.	Wie oben, bis			
9^h 7 1„ 7	0,491	1,545	4,9 5,1	3,1
1„ 8 5„ 8	0,476	1,549	4,1 4,8	3,2

b. *Cornea wie oben aufgebunden, vorher 18 Stunden in aq. dest.*

Zeit.	Durchgegangene Salzmenge.	Durchgegangene Wassermenge	Temp. R.	Aeq.
Nov. 16.				
8^h 17 1„ 32	0,501 [1] 0,480	1,086 1,034	2,0 2,6	2,2
1„ 33 6„ 48	0,599 0,560	1,983 1,888	2,4 2,6	3,3
	Diffundirt, ohne die Salzmengen zu bestimmen, bis			
Nov. 17.				
7^h 42 12„ 12	0,575 0,640	1,593 1,770	1,9 2,5	2,8
12„ 17 4„ 47	0,526 0,584	1,692 1,880	2,5	3,2
Nov. 18.	Wie vorher, bis			
7^h 56 12„ 26	0,570 0,630	1,761 1,956	2,0 2,4	3,1
12„ 27 4„ 57	0,569 0,630	1,954 2,170	2,4 2,8	3,4 ?
Nov. 19.	Wie oben, bis			
7^h 51 11„ 51	0,466 0,580	1,528 1,910	1,9 2,4	3,3
11„ 52 3„ 52	0,436 0,545	1,470 1,838	2,0 2,4	3,3
Nov. 20.	Wie oben, bis			
7^h 44 11„ 44	0,515 0,645	1,522 1,903	2,2 2,9	2,9
11„ 46 3„ 46	0,514 0,645	1,654 2,065	2,9	3,2

[1]) Die jedesmaligen unteren Ziffern in der zweiten und dritten Columne bedeuten die aus den wirklichen Beobachtungen für 5 Stunden berechneten Salz- und Wassermengen.

Von diesen beiden Tabellen ist die erstere die instructivere. Daselbst ist die Bestimmung der Diffusionsströme für kürzere Zeiten vorgenommen, und sie zeigt deutlich, wie dies auch bei der dicken und viel dichtern Cornea nicht anders zu erwarten war, wie der Hydrodiffusionsprocess sich nicht augenblicklich in seiner schliesslichen Stärke herstellt, sondern dazu einer gewissen Zeit bedarf, während welcher hier, wo dieselbe im Vergleich zu der entsprechenden beim Herzbeutel ziemlich lang ist, die Veränderungen, welche jene erleidet, zur deutlichen Beobachtung kommen. Wir beobachten nun, wie allerdings die Salzströme wachsen, wie dies aber auch die Wasserströme und letztere in stärkerem Grade thun, so dass also das Aequivalent mit der Zeit wächst. Wir beobachten demnach in dieser thierischen Haut ein Phänomen, welches nur *scheinbar* einige Aehnlichkeit mit dem von Fick an Collodiumhäuten beobachteten hat. In der zweiten Tabelle sind die Beobachtungszeiten im Anfang länger gewählt, und es kommen desshalb die im vorigen Beispiel beobachteten Eigenthümlichkeiten nicht so augenfällig zum Vorschein; doch fallen für die erste Beobachtung sowohl die absolute Grösse beider Ströme als auch das Aequivalent noch merklich niedriger aus. Dass übrigens die Aequivalente bei dieser Methode ihrer Bestimmung im Allgemeinen öfters ein wenig höher ausfallen, als vorher, kann nicht befremden. Es wird nämlich hier stets der in der Blase noch im Process begriffene Antheil Wasser, als aus dem äussern Wassergefäss verschwunden, mit in Rechnung gebracht, obgleich noch keine entsprechende Menge Salz ausgetreten ist. Eine bessere Uebereinstimmung würde sich erzielen lassen, wenn man die Versuche bei beiden Methoden noch länger andauern liesse, so dass die angedeuteten Einflüsse gegen die grösseren durchgehenden Salz- und Wassermengen verschwinden würden. Ich habe zur Zeit nicht das Bedürfniss empfunden, dies auszuführen.

Dritte Abhandlung.

Ueber die Ausmessung des senkrechten Durchmessers mikroskopischer Objecte und über die Ermittelung der chemischen Qualität aus dem Lichtbrechungsvermögen.

Von

Dr. H. Welcker,

Prosector am anatomischen Institut zu Giessen.

An einem anderen Orte [1]) habe ich zu zeigen gesucht, wie durch methodisches Auf- und Niederschrauben der Mikroskopröhre das Relief mikroskopischer Objecte erkannt, insbesondere bei schwierigeren Objecten die Frage entschieden werden könne, ob dieselben hohl oder solid, vertieft oder gewölbt seien. Besitzt ein mikroskopisches Object eine hinlängliche Grösse, um bei wechselnder Tubusstellung einmal seine zuoberst gelegenen, dann seine niedersten Partien deutlich erkennen und sondern zu lassen, so hat die Entscheidung jener Fragen in der Regel keine Schwierigkeit, und es ist in solchen Fällen jenes Auf- und Niederschrauben eine längst und allgemein geübte Praxis. Ich habe indessen zu zeigen gesucht, wie bei *kleineren* und den allerkleinsten mikroskopischen Formationen, so klein, dass sie eben nur als einfache, dunkle Punkte erscheinen, ein lichtes Aufblitzen oder Glänzen bei *Hebung* des Tubus erfolgt, dann nämlich, wenn jene Bildungen gewölbt sind; ein lichtes Aufblitzen beim *Senken* des Tubus, wenn sie vertieft sind. Ich habe gezeigt, wie jene beim Heben glänzenden, gewölbten Körperchen nicht anders wirken, denn als kleine *Convexlinsen,* jene beim Senken glänzenden, concaven Körperchen nicht anders, denn als *Concavlinsen.* In Wasser oder in Luft befindliche Fetttröpfchen, eiweissstoffige und viele andere Körperchen, kurz solche, deren optische Wirkung sich auf die einer Vollkugel zurückführen lässt, zeigten sich „hebeglänzend", umgekehrt erglänzten kleine Luftbläschen, Luft oder Flüssigkeit enthaltende Hohlräumchen des Knochens oder Zahns u. dgl., beim Senken des Tubus.

---

[1]) Zeitschr. f. rat. Med. N. F. VI, 172 und VIII, 241.

Da die Flüssigkeiten des Thier- und Pflanzenkörpers bei Weitem in der Mehrzahl der Fälle von *geringerem* Brechungsvermögen sind, als die soliden Gebilde, welche innerhalb derselben suspendirt sind, oder welche umgekehrt in ihren Höhlungen jene Flüssigkeiten beherbergen, so ergab sich für die Beurtheilung des mikroskopischen Reliefs im Allgemeinen als Regel, dass, sofern ein Object seinen lebhaftesten Glanz beim Erheben des Tubus zeigt, eine Erhabenheit vorliege und umgekehrt eine Vertiefung dann, wenn jener Glanz beim Senken des Tubus erscheint. Ich habe aber endlich daran erinnert, wie bei der Ermittelung des Reliefs eines mikroskopischen Gegenstandes wesentlich auch das Lichtbrechungsvermögen des ihn *umgebenden Mediums* in Betracht zu ziehen sei, indem unter besonderen Umständen auch entschiedene Vollkugeln oder gewölbte, feste Körper, z. B. ein Stückchen Glas, senkeglänzend erscheinen können, dann nämlich, wenn dieselben in ein stärkerbrechendes Medium eingeschlossen sind, und wir sahen in solcher Weise Glas innerhalb Anisöl beim *Senken* des Tubus glänzen und sich optisch ganz ähnlich verhalten, wie etwa ein in Glas eingesprengter Hohlraum oder eine in Wasser befindliche Luftblase.

In Folgendem möge gezeigt werden, wie die methodische Auf- und Niederschraubung der Mikroskopröhre in einer weiteren Beziehung anwendbar sei.

I. Ausmessung des senkrechten Durchmessers mikroskopischer Objecte.

Es ist ein sehr naheliegender Gedanke, die *Höhe* mikroskopischer Objecte dadurch unter dem Mikroskope zu messen, dass man die Länge des Weges bestimmt, welchen das Objectivsystem bei abwechselnder Einstellung auf den Gipfel und auf die Basis des Objectes durchläuft. Weiss man, um wieviel ein Umgang der mikroskopischen Einstellschraube die Mikroskopröhre senkt, so ist es, nachdem man den Rand der Schraubenmutter in einer entsprechenden Weise graduirt hat, leicht abzulesen, um wieviel der Tubus bei jener Operation gehoben oder gesenkt wurde. Der Gedanke einer derartigen

Höhenmessung findet sich ausgesprochen bei Harting [1]), und es haben mehrere Autoren Angaben über die Grösse von senkrechten Durchmessern mitgetheilt, welche in der eben angedeuteten Weise ermittelt wurden. Es kann indessen der senkrechte Durchmesser mikroskopischer Objecte so *unmittelbar* aus der Bewegung des Tubus nicht entnommen werden, *denn es gibt uns die Tubusbewegung den senkrechten Durchmesser des Objectes an, abgeändert durch den Unterschied, welcher sich zwischen dem Brechungsvermögen der Luft und dem des betreffenden Gegenstandes vorfindet.*

Die Richtigkeit dieser Angabe ergiebt sich aus der einfachen Erwägung, dass, wie zuerst v. Mohl erörtert hat [2]), die Lichtstrahlen eines von einem Deckgläschen bedeckten Objectes in anderer Richtung zum Objective treten, mithin eine andere (höhere) Tubusstellung fordern, als diejenigen eines unbedeckten Objectes. Untersuchen wir gleichdicke Schichten verschieden stark brechender Substanzen, so fällt der Weg, welchen der Tubus bei Einstellung ihrer oberen und unteren Begrenzungsfläche zurücklegt, um so geringer aus, je grösser das Brechungsvermögen der untersuchten Substanzen ist. Die Tubusverschiebung, unmittelbar als Höhenmessung benutzt, würde mithin die wahre Höhe umsomehr *unterschätzen,* jemehr die betreffende Substanz die Luft in der Lichtbrechung übertrifft [3]).

Ich gebe zunächst ein bequemes, fast überall zulässiges Verfahren zur Ermittelung des Brechungsvermögens oder der *„scheinbaren Höhe“* mikroskopischer Objecte, sowie einige Ziffern, nach welchen aus der durch eben dieses Verfahren ermittelten „scheinbaren Höhe“ die wirkliche Höhe des Objectes zu berechnen ist.

---

[1]) Das Mikroskop, aus dem Holländischen übertragen von Theile.

[2]) Mikrographie, 159.

[3]) Die Unterschätzung würde nach meinen Untersuchungen bei schwachbrechenden Substanzen etwa $^1/_3$, bei sehr starkbrechenden bis nahezu $^1/_2$ des wahren Werthes betragen.

Besitzt ein Mikroskop, wie die Instrumente von Kellner, Belthle, Oberhäuser, für die feine Tubusbewegung eine horizontal stehende Schraubenmutter, so stellt man ein senkrecht wirkendes Schraubenmikrometer sehr einfach dadurch her, dass man an der Rändelung der Schraubenmutter je das 5. und 10. Riefchen durch einen feinen Strich markirt, die 10. Striche beziffert und sodann, als Index, ein kleines Pendel benutzt, welches, von einem zunächst oberhalb der Schraubenmutter befindlichen festen Punkte des Mikroskops herabhängend, den Rand der Schraubenmutter streift. Man bestimmt nun schliesslich den Werth eines Schraubenumganges, sowie dessen Bruchtheile [1]).

Bei meinem Kellner'schen Mikroskope, dessen Schraubenmutter vermöge ihrer Rändelung in 205 Abtheilungen getheilt ist, welche, auf einer Kreistheilung sorgfältig geprüft, sich als genau ergaben, erhielt ich folgende Ziffern:

30 Umdrehungen der Schraube senken den Tubus um 11,0 $M^{m.}$

1 Umdrehung bedeutet hiernach 0,3667 $M^{m.}$

1 Riefchen der Rändelung (d. i. $^{1}/_{205}$ Umdrehung) 0,0018 $M^{m.}$

Mittelst der Schraube dieses Mikroskopes bestimmte ich nun das Brechunsvermögen einer Reihe von Substanzen, und zwar wählte ich zur Bestimmung die wichtigsten Flüssigkeiten und durchscheinenden Gewebe des

---

[1]) Dass man sich vorher sowohl über die Gleichmässigkeit der Rändelung, als über die Gleichmässigkeit des Schraubengewindes vergewissert, versteht sich von selbst; doch befürchte man namentlich in letzterer Beziehung keine so grossen Fehlerquellen, wie solche nach der gewöhnlichen (übertrieben ängstlichen) Kritik des Schraubenmikrometers wohl erwartet werden dürften. Am sichersten geht man, wenn man für die Höhenmessungen irgend eine bestimmte, tadellose Stelle der Schraube auswählt, die man niemals verlässt (eine Strecke von 5 Umgängen ist für alle Fälle ausreichend.

Mit Zuziehung des Mechanikers würden weit exactere Vorrichtungen herstellbar sein, als die hier vorgeschlagene, doch war es meine Absicht, ein Verfahren anzugeben, welches bei jedem Mikroskope ohne Weiteres zulässig ist.



Thierkörpers, sowie einige von denjenigen Stoffen aus, welche bei Untersuchung und Aufbewahrung miksroskopischer Objecte als Zusatzmittel gebräuchlich sind.

Auf einem Objectträger wurden zwei schmale, nicht ganz 1 Mm. hohe Glasleistchen in einem gegenseitigen Abstande von einigen Mm. festgekittet, sodann ein gutgeschliffenes Deckgläschen auf die Glasleistchen aufgelegt. Die beiden Glasplatten schlossen eine Luftschichte zwischen sich ein, deren Höhe nach genauer Messung 0,9873 Mm. betrug. Auf der unteren Fläche des Deckgläschens, sowie auf der oberen des Objectträgers waren mit dem Diamant einige sehr feine Linien eingeritzt, die oberen in senkrechter, die unteren in horizontaler Richtung. Zur scharfen mikroskopischen Einstellung beider Liniengruppen bedurfte es einer Tubusveränderung von zwei Schraubenumgängen und 142 Riefchen, in Summa von 552 Riefchen [1]). An die Stelle der Luftschichte wurde nun eine Flüssigkeit, nennen wir z. B. Glycerin, zwischen beide Glasplatten gebracht; zur scharfen Einstellung beider Oberflächen bedurfte es jetzt einer Tubusschiebung von 372 Riefchen. Die wahre Höhe der Glycerinschicht verhält sich hiernach zur scheinbaren wie 552 : 372, oder wie 148 : 100 [2]). Zur Controle bereitete ich eine zweite Glaszelle, innerhalb welcher die Luftschichte 1002 Riefchen, die Glycerinschichte 678 Riefchen umfasste — abermals das Verhältniss wie 148 : 100. Die in folgender Zusammenstellung verzeichneten Flüssigkeiten wurden sämmtlich in

---

[1]) Es wurde stets zuerst der Diamantstrich des oberen, sodann, durch Herunterschraubung des Tubus, der untere Diamantstrich eingestellt, indem bei dem umgekehrten Verfahren die den Tubus hebende Spiralfeder möglicherweise nicht gleichmässig wirken und dann einen todten Gang der Schraubenmutter veranlassen könnte.

[2]) Eines ähnlichen Verfahrens, wie das hier beschriebene, bedienten sich Engel und W. Krause zur Bestimmung der Brechungsindices der durchsichtigen Medien des Auges. — Dass es für die hier vorliegenden Zwecke nicht darum gelten kann, *Brechungsindices* zu geben, sondern vielmehr solche Ziffern, nach welchen die durch Tubusschiebung zu findenden Werthe sich unmittelbar verrechnen lassen, versteht sich von selbst.

dieser doppelten Weise geprüft. Das Brechungsvermögen fester Substanzen wurde in der Weise bestimmt, dass die scheinbare Höhe eines Schliffes oder einer geschnittenen Lamelle, sowie die Höhe einer mit ihr gleich hohen Luftschichte, durch Tubusschiebung ermittelt wurde.

Tabelle,

welche die wahre Höhe von Substanzschichten angibt, wenn die „scheinbare Höhe“ gleich 100 gesetzt ist.

Substanz	Höhe
Luft	100
Destillirtes Wasser	138
Brunnenwasser	138
Menschliches Blutserum	139
Hühnereiweiss, frisch	139
Blutserum von Lacerta muralis	140
Corpus vitreum eines Mannes, 18 h. post. mort.	140
Aether sulphuricus	141
Spiritus vini von 87° Tralles	142
Frischer Froschmuskel	142,6
Wasserglas von Batka, flüssig	145
Gummischleim (1 C. C. Wasser : 0,5 Grmm. Gummi arab.)	147
Glycerin	148
Dicker Gummischleim (1 C. C. Wasser : 1 Grmm. G. arab.)	149
Wasserglas von Batka, trocken	150
Knochenfett, an der Sonne gebleicht	151
Terpentinöl	151
Citronenöl	151,5
Fett des Panic. adiposus des Menschen	152
Rüböl	152,5
Canadabalsam, frisch	154,5
Gemeines Glas (Crownglas)	155

Gemeines Glas (Crownglas)	156
Copalfirniss, frisch	156
Anisöl	158
Trocknes Eiweiss	165
Trockner Leim (Gelatine)	170
Knochen	172
Elfenbein	175
Zahnschmelz (Pferd)	179

Nach diesen Ziffern nun kann aus der durch Tubusschiebung ermittelten scheinbaren Höhe die wahre Höhe zahlreicher Objecte sehr leicht entnommen werden.

Am einfachsten gestalten sich die Verhältnisse bei Körpern mit *ebenen, horizontalgestellten Begrenzungsflächen,* und es mögen solche Körper zunächst die Objecte unserer Betrachtung sein. Gesetzt, eine eiweissstoffige Belegungsschichte eines mikroskopischen Objectes fordert zur Einstellung ihrer oberen und unteren Fläche eine Bewegung von 12 Riefchen. Für Eiweiss enthält unsere Tabelle die Ziffer 139. Wir berechnen demnach 100 : 139 = 12 : x und wir erhalten den Werth von 16,⁸ Riefchen, d. i. (nach der pag. 50 gegebenen Tarirung der Schraubenmutter) 0,0297 Mm. als Höhe der Belegungsschichte, deren „scheinbare Höhe" (12 Riefchen) 0,0215 Mm. gewesen sein würde.

Ich habe in solcher Weise die Dickenmessung horizontal liegender Schichten in Fällen, wo die Fertigung senkrechter Durchschnitte und das gewöhnliche Messverfahren nicht zulässig waren, mehrfach ausgeführt.

Fragen wir hier einmal nach der *Sicherheit* des angegebenen Verfahrens und nach den Grenzen seiner Anwendbarkeit, so muss bemerkt werden, dass die Sicherheit der optischen Einstellbewegung weit grösser ist, als es wohl auf den ersten Anblick scheinen möchte. Die Bewegung des Tubus bei Einstellung der oberen und der unteren Fläche einer sehr dünnen Lamelle kann weniger als ein Riefchen betragen; sie wird aber

bei Wiederholungen des Versuchs nahezu dieselbe sein. Ist man in der scharfen Einstellung mikroskopischer Objecte geübt, so variiren die Resultate nicht leicht um mehr als $^1/_2$ Procent [1]). Die Sicherheit des Verfahrens nimmt indessen mit zunehmender Kleinheit der Objecte ab. Bei einer aus Eiweiss bestehenden Belegungsschichte von der Stärke derjenigen des Darmepithels beträgt die Tubussenkung 1,5 bis 2,5 Riefchen, was noch mit hinreichender Sicherheit constatirt wird, und für welche scheinbaren Höhen statt 0,0027—0,0045 mit Vortheil 0,0037—0,0062 Mm. zu substituiren sind. Sinkt der zu messende senkrechte Durchmesser unter die Dicke eines menschlichen Blutscheibchens (0,0020 Mm.), so wird die Messbewegung bereits so gering, die Ziffern für scheinbare und wahre Höhe werden einander so ähnlich, dass das Verfahren (wenigstens bei Benutzung der gewöhnlichen Vergrösserungen und des hier angewendeten einfachen Messapparates) nicht mehr zulässig erscheint.

Findet sich das Brechungsvermögen eines Körpers, dessen Höhe bestimmt werden soll, in unserer Tabelle nicht verzeichnet, so wird eine annähernde Bestimmung immerhin möglich sein, indem aus dem optischen Verhalten, welches derselbe gegenüber dem in seiner Lichtbrechung bekannten, ihn umgebenden Medium zeigt, zu entnehmen ist, ob die scheinbare Höhe des fraglichen Körpers auf das Brechungsvermögen wässeriger Substanzen (100 : 140), flüssiger Fette [100 : 150] oder stärkst brechender Substanzen (100 : 160 bis 180) corrigirt werden muss. Zeigt sich ein Körper (z. B. Glas), in Canadabalsam liegend, hebeglänzend, in Anisöl senkeglänzend, so würde schon hieraus zu entnehmen sein, dass das Brechungsvermögen jenes Körpers zwischen 154 und 158 liegt [2]).

[1]) So erhielt ich bei der oben erwähnten Bestimmung des Abstandes zweier eine Luftschicht einschliessenden Glasplättchen in 10 Einzelbestimmungen 6mal 452 Riefchen, 3mal 453 und einmal 454.

[2]) Nicht zulässig sind derartige Schlüsse, sobald die umgebende Flüssigkeit auf das eingelegte Object eine chemische oder physikalische Einwirkung solcher Art ausübt, dass hierdurch sein Brechungsvermögen abgeändert wird. So zeigt sich die

Ist ein Körper *kugelförmig oder cylindrisch*, so wird man, statt einer Bestimmung des senkrechten, begreiflich die Bestimmung des horizontalen Durchmessers, mittelst gewöhnlicher Längenmessung, vorziehen. Ein Anderes ist es, wenn Zweifel darüber bestehen, ob wirklich Kugel- oder Cylinderform und nicht vielmehr irgend eine andere Form rundlicher Objecte vorliegt [1]). Die Bestimmung des senkrechten Durchmessers, die (falls das Object nicht umrollbar ist) hier wünschenswerth werden kann, hat das Besondere, dass sie das Brechungsvermögen der umgebenden Substanz als bekannt voraussetzt. In den seither beschriebenen Versuchen, wo das Object eine horizontalliegende Platte war, durchlief das Objectivsystem bei Einstellung auf deren horizontale Begrenzungsflächen einen und denselben, von Dicke und Brechungsvermögen des speciellen Gegenstandes abhängigen Weg und ermittelte eine und dieselbe Höhe, mochte das Object nun in Luft liegen und starken Glanz zeigen, oder, in Oel liegend, seinen Glanz verloren haben. Ist das Object dagegen eine Kugel (und ganz die analogen Erscheinungen zeigen sich bei anderen mit gerundeten Oberflächen versehenen Körpern), so erhält man nur dann, wenn das Brechungsvermögen des Objectes und des umgebenden Mediums gleich oder nahezu gleich sind, durch das Mikroskop ein Bild der oberen *und* der unteren Begrenzungsfläche. Besitzt das Object ein irgend

---

quergestreifte Muskelfaser in Glycerin, weil dieses ihr Brechungsvermögen (vermuthlich durch Wasserentziehung) steigert, deutlich hebeglänzend, also von *stärkerem* Brechungsvermögen, als das Glycerin. Aber das Brechungsvermögen der unverletzten Muskelfaser ist keineswegs höher, als das des Glycerins, sondern weit geringer und nur wenig höher, als dasjenige des Blutserums.

[1]) In Beziehung hierauf wird unser Auge durch die Wirkungen der Lichtbrechung bekanntlich auf das Vielfachste getäuscht. So entsteht bei vollkommen cylindrischen Objecten der Anschein einer Abplattung jedesmal dann, wenn das Brechungsvermögen des umgebenden Mediums dem des eingeschlossenen Objectes nur wenig nachsteht. Ein in Canadabalsam liegender runder Glasfaden erscheint als ein flacher, bandartiger, wenig glänzender Streifen.

erheblich grösseres Brechungsvermögen, als seine Umgebung, so bestreicht die optische Einstellung, statt die von der Mehrzahl der Autoren hier namhaft gemachten „optischen Querdurchschnitte“ zu liefern, nur denjenigen Theil der Kugeloberfläche, welcher vom Aequator aus sich nach oben wölbt; die untere Hälfte der Kugel liefert nur ganz verwaschene Bilder. Ist das Object von geringerem Brechungsvermögen, oder eine Hohlkugel, so bestreicht die optische Einstellung nur die untere Hälfte der Innenwandung der Hohlkugel. Messen wir nun den Weg, den der Tubus von Einstellung des Gipfels (oder der Basis) bis zum Aequator zurücklegt, so erhalten wir *wechselnde Werthe,* je nach der Qualität des umgebenden Mediums: wir messen die scheinbare Höhe einer Schichte des umgebenden Mediums, welche, auf ihre wahre Höhe corrigirt, nahezu dieselbe Ziffer besitzt mit dem Halbmesser der Kugel. In ganz entsprechender Weise umstreift bei von der Kugelgestalt abweichenden rundlichen Objecten die Messbewegung des Objectivs die oberhalb des grössten Horizontaldurchschnittes sich wölbende Oberfläche des Objectes, wenn solches einer Sammellinse, die untere, wenn es einer Zerstreuungslinse ähnlich bricht. Die hierbei stattgehabte Tubusschiebung entspricht der scheinbaren Höhe einer Schichte der umgebenden Substanz, deren wahres Maass nahezu gleich ist der Höhe der zu messenden Wölbung.

II. Ermittelung der chemischen Qualität mikroskopischer Objecte aus dem Lichtbrechungsvermögen.

Als diagnostisches Mittel bei mikroskopischen Untersuchungen wurde das optische Verhalten der Objecte bis jetzt nur in sehr beschränktem Maasse benutzt. Sieht man von der Anwendung des Polarisationsapparates ab, so beschränkte man sich bis jetzt fast einzig darauf, dass man, je nach Maassgabe des von den Objecten ausgehenden Lichtglanzes, von stark und weniger stark brechenden Körpern sprach. Ist aber diese Bezeichnungsweise schon an sich ziemlich vag, so kommt noch hinzu, dass

so lange man das Brechungsvermögen einzig nach dem Eindrucke, den das Object auf unser Auge macht, d. i. nach seinem stärkeren oder geringeren Glanze, abschätzt, unser Urtheil grossen Täuschungen unterliegen kann. Denn es hängt, wie bereits oben erwähnt, ganz und gar von dem Lichtbrechungsvermögen des den betreffenden Körper umgebenden Mediums ab, ob das Brechungsvermögen jenes Körpers sich durch das Phänomen des Glanzes verrathen könne oder nicht. So ist für mikroskopische Fettpartikelchen eines der gebräuchlichsten Erkennungsmittel der starke Lichtglanz des Fettes; aber man beachte, dass Fett, welches wir in die tubuli radiati eines Knochens eintreiben, in Folge des stärkeren Lichtbrechungsvermögens des Knochens seinen Fettglanz nicht zeigt.

Zuweilen ereignet es sich bei mikroskopischen Untersuchungen, dass innerhalb eines Gewebes sich kleine Formbestandtheile vorfinden, deren chemische Qualität unbekannt ist, die aber zu klein oder zu schwer isolirbar sind, um sie einer chemischen Prüfung zu unterwerfen. Könnte nun nicht vielleicht hier, wenn „wahre und scheinbare Höhe" des Körperchens bekannt sind, ein *Schluss auf die chemische Qualität möglich sein?* Setzen wir beispielsweise den Fall, es sei zweifelhaft, ob ein eingeschlossenes Körperchen aus Eiweiss oder aus Fett besteht. Die scheinbare Höhe des Körperchens sei 0,0030 Mm., die wirkliche Höhe (durch gewöhnliche Längenmessung in der Profillage ermittelt) sei 0,0042 Mm.. Das Object *kann* in diesem Falle *Fett nicht sein,* denn bei Fett gehört zu einem scheinbaren Durchmesser von 0,0030 ein wahrer von 0,0045. Wohl aber würde dies ermittelte Lichtbrechungsvermögen mit demjenigen von Eiweiss übereinstimmen (0,0030 : 0,0042 = 100 : 140).

Liegt in Vorstehendem die Aussicht auf ein neues, nicht ganz unbrauchbares diagnostisches Mittel, so dürfte dessen Anwendbarkeit durch folgende Verhältnisse eine grosse Beschränkung finden. Zunächst wird dieses Mittel mehr und mehr unsicher und schliesslich ganz unbrauchbar bei zunehmender Kleinheit der Objecte; ferner aber ist dasselbe, sobald das Object gerundete Flächen besitzt, zur Ermittelung des Brechungsver-

mögens oder der scheinbaren Höhe des Objectes aus den oben beregten Gründen gar nicht geeignet.

Nach der gegebenen Darstellung bin ich keineswegs der Meinung, dass die senkrecht messende Bewegung der Mikroskopröhre in der einen oder der anderen der zur Sprache gebrachten Beziehungen eine irgend ausgedehntere Anwendung finden können; ich hatte mir vielmehr die Aufgabe gestellt, die Anwendbarkeit einer derartigen Messung überhaupt zu prüfen und für einige besondere, wenn auch seltnere Fälle festzustellen.

Vierte Abhandlung.

Bestimmung
des
endosmotischen Aequivalentes
mehrerer
chemischer Verbindungen.

Von

Dr. Carl Ernst Emil Hoffmann,
Assistent am physiologischen Institute zu Giessen.

Die geringe Uebereinstimmung in den Resultaten der Untersuchungen von Professor Eckhard und mir über das endosmotische Aequivalent des Koch- und Glaubersalzes mit den von anderen Forschern in Bezug hierauf gefundenen Werthen, bestimmten mich, neben einigen anderen Untersuchungen über die endosmotischen Verhältnisse, die Feststellung der endosmotischen Aequivalente einer Anzahl chemischer Verbindungen vorzunehmen. Ich veröffentliche hier zunächst die Untersuchungen, welche ich in Bezug auf zwölf solcher Verbindungen vorgenommen habe, und behalte mir vor, die über die endosmotischen Verhältnisse einer Anzahl anderer chemischer Verbindungen gefundenen Thatsachen später mitzutheilen.

Ehe ich auf die einzelnen Untersuchungen selbst eingehe, will ich noch einige allgemeine Bemerkungen vorausschicken. Sämmtliche hier mitgetheilten Werthe beziehen sich auf die endosmotischen Verhältnisse der betreffenden Körper bei Anwendung von feucht erhaltenen Herzbeuteln der Kuh, als scheidende Membranen. Wir wenden seit einem Jahre nur das Pericardium von Kühen zu unseren endosmotischen Versuchen an, da dasselbe vor den Herzbeuteln des Kalbes sich durch eine grössere Dichte und Gleichmässigkeit auszeichnet, welche beiden Eigenschaften eine grössere Gleichförmigkeit des Processes zu bedingen scheinen. Die Gründe, warum wir nur feucht erhaltene thierische Membranen anwenden, sind bereits früher erörtert worden [1].

[1] Eckhard, Beiträge Bd. I. pag. 124 u. folg. und Hoffmann, Untersuchungen über das endosmotische Aequivalent des Glaubersalzes. Giessen 1858. pag. 13 u. 14.



Mit diesen Herzbeuteln arbeitete ich nun nach zwei Methoden, deren Vortheile und Mängel ich näher beleuchten will. Die eine Methode ist die in den früheren Arbeiten angegebene, dass in einem, am einen Ende mit der Membran *festverschlossenen,* und ich kann nicht genug Nachdruck auf dieses *„festverschlossen"* legen, Glascylinder *gewogene* Mengen des zu untersuchenden Körpers mit *gewogenen* Mengen seiner concentrirten und auf ihren Procentgehalt direct untersuchten Lösungen eingebracht werden, und dass am Schlusse der Untersuchung der Inhalt des Cylinders auf seinen Gehalt, an untersuchter Substanz und Wasser geprüft, resp. derselbe direct bestimmt wird.

Die zweite Methode besteht darin, dass man die in die Cylinder einzuführenden Substanzen und ihre Lösungen nicht vorher wiegt, dass man dagegen vor dem Versuche das Gewicht der Wassermengen bestimmt, in welche die Endosmosenröhre eingesenkt wird, nach der Herausnahme derselben das Gewicht abermals prüft, und nun nach verschiedenen Methoden, wie solche bei jedem einzelnen Körper angegeben werden sollen, die durchgegangenen Mengen der untersuchten Substanzen ermittelt. Bei der ersten Methode ist es durchaus nothwendig, dass die mit gewogenen Wassermengen nach Vollendung des Versuchs ausgespülten Cylinder mit gewogenen Mengen Fliesspapier innen, bei der zweiten Methode aussen sorgfältig abgetrocknet werden, damit auch die anhängenden Wassermengen genau bestimmt werden können.

Die erste Methode wird in der Regel das endosmotische Aequivalent um ein Minimum zu klein angeben, da aus der Röhre eine kleine Quantität des zur Untersuchung benutzten Körpers ausgetreten ist, für welche noch nicht die entsprechende Menge Wassers eintrat, da sie noch in der Membran im Austausche begriffen ist. Aber ausserdem hat diese Methode noch das Nachtheilige, dass sie eine sehr grosse Pünktlichkeit und Aufmerksamkeit erfordert, weil es nöthig ist, dass man 1) den Wassergehalt der angewendeten Substanz, sowie der angewendeten Lösung genau bestimmt, 2) zur Bestimmung der eingeführten Mengen beider vier Wägungen

vornimmt, 3) zur Bestimmung der am Schluss vorhandenen Mengen abermals sieben Wägungen nöthig hat, aus welchen dann bei nicht sehr grosser Pünktlichkeit eine grosse Zahl von Fehlerquellen entstehen können.

Die zweite Methode gibt offenbar das Aequivalent der untersuchten Substanz etwas zu gross an, wie auch in Bezug auf die Cornea pag. 44 von Eckhard hervorgehoben worden ist, da eine kleine Quantität Wasser aus dem Gefässe schon herausgewandert ist, welche sich noch in der Membran im Austausche mit der betreffenden Substanz befindet, welch letztere daher noch nicht zur Bestimmung kommt; ausserdem aber hat sie das Unbequemliche, dass man es immer mit der Wägung grosser Wassermengen zu thun hat, welche nicht dieselbe Genauigkeit zulassen, wie dies bei kleineren Mengen der Fall ist.

Dass aber meine oben gemachte Angabe hinsichtlich der nicht zu bestimmenden Mengen untersuchter Substanz resp. Wasser seine Richtigkeit hat, will ich durch ein Beispiel aus meinen zahlreichen Versuchen belegen.

Die beiden letzten in der Tab. 3 verzeichneten Versuche sind eigentlich ein und derselbe Versuch nur nach den beiden Methoden berechnet. Ich habe nämlich nicht nur die in die Röhre eingeführte Menge Salmiak und Salmiaklösung gewogen und ebenso nach Vollendung des Versuchs die Menge Salmiak und Aq. bestimmt, welche sich in der Röhre befand, sondern auch das aussen befindliche Wasser, sowie am Schluss des Versuchs die Menge des in dasselbe übergegangenen Salmiaks ermittelt.

	Salmiak.	Durchgetretenes HO.
Nach der ersten Methode erhielt ich	1,961 Grmms.	3,762 Grmms.
„ „ zweiten „ „ „	1,939 „	4,069 „

Es sind mithin aus der Endosmosenröhre 0,022 Grmms. Salmiak mehr verschwunden, als zur Beobachtung in der aussenstehenden Flüssigkeit kamen, und aus dieser 0,307 Grmms Wasser mehr als in dem Inhalte der Endosmosenröhre aufzufinden war. Das Aequivalent differirt in Folge hiervon auch zwischen 1,918 und 2,098, würde aber nach Elimination der

durch die Methode verursachten Ungenauigkeiten 1,940 betragen, nämlich $\frac{3,762}{1,939} = 1,940$. Man sieht hieraus, dass die nach der ersten Methode erhaltenen Resultate wesentlich genauer sind, als die nach der zweiten Methode erhaltenen. Doch sind sie für das Aequivalent nicht von grosser Bedeutung, und es können Umstände eintreten, welche es dennoch wünschenswerth machen, diese zweite Bestimmungsmethode zu benutzen. Bei allen Versuchen wurde die glatte Seite des Herzbeutels dem Innern der Endosmosenröhre zugewandt.

Gehen wir nun zur Bestimmung der endosmotischen Aequivalente der einzelnen Substanzen über, wobei ich für diese Abhandlung vorzugsweise solche ausgewählt habe, welche entweder allgemein medicinisches oder speciell physiologisches Interesse gewähren.

I. Endosmotisches Aequivalent des Kochsalzes.

Ich hielt es nicht für überflüssig, auch diesen Körper hier mit aufzuführen, da in den früheren Veröffentlichungen das endosmotische Aequivalent nur in Bezug auf Kalbsherzbeutel, nicht aber in Bezug auf das Pericardium der Kuh angegeben erscheint; dieses letztere aber, wie auch Eckhard, Beiträge Band I. S. 140 und Hoffmann, Untersuchungen S. 19 angegeben ist, stets höher als das erstere ausfällt.

Aus der folgenden Tabelle 1 sieht man, dass die nach der zweiten Methode gemachten Aequivalentbestimmungen etwas höher ausfallen, als die nach der ersteren. Als mittleren Werth ergibt sich bei Anwendung von Kuhherzbeuteln, die in dieser Arbeit allein in Betracht gezogen sind, für das Kochsalz ein endosmotisches Aequivalent von 3,293; vergleiche auch die Versuche Eckhards in diesem Bande der Beiträge S. 18 u. 19. Die Kochsalzmengen sind durch Glühen und Wägen der geglühten Masse bestimmt.

Tab. 1.

Membran	Durchgetretene Menge NaCl Grms.	Durchgetretene Menge HO Grms.	Endosmotisches Aquivalent	Temp. R.	Versuchsdauer St.	Versuchsdauer M	
Frischer Kuhherzbeutel, 12 St. in Aq. dest.	2,859	8,521	2,980	9,2	3	30	nach der ersten Methode
Desgleichen . . .	2,343	7,475	3,190	9,3	2	30	
„ . . .	1,880	5,986	3,180	9,3	2	30	
Frischer Kuhherzbeutel, 36 St. in Aq. dest.	2,482	8,111	3,260	9,2	3	30	
Desgleichen . . .	1,379	4,540	3,297	9,2	3	30	
„ . . .	1,649	5,073	3,076	9,2	3	30	
Frischer Kuhherzbeutel, 12 St. in Aq. dest.	0,233	0,813	3,490	11,0	—	30	nach der zweiten Methode
Desgleichen . . .	0,321	1,144	3,564	11,0	—	30	
„ . . .	0,381	1,336	3,506	11,0	—	30	
„ . . .	0,251	0,850	3,386	11,0	—	30	

2. Endosmotisches Aequivalent des Glaubersalzes.

Auch dieses Salz glaubte ich hier mit aufnehmen zu müssen, weil in meiner ersten Arbeit über das endosmotische Aequivalent nur ganz wenige Angaben in Bezug auf Rinderpericardium [1]) enthalten sind.

Die erhaltenen Resultate sind in Tab. 2 niedergelegt.

Sämmtliche Versuche sind hier nach der ersten Methode angestellt, und habe ich hierbei sowohl das Aequivalent für wasserfreies, als für gewöhnliches krystallisirtes schwefelsaures Natron berechnet, da die Bestimmung für letzteres seiner medicinischen Anwendung und etwa später für dieselbe aus seinem endosmotischen Verhalten zu ziehenden Consequenzen wegen von Interesse sein dürfte. Als mittleren Werth für das endosmotische

[1]) l. c. pag. 19.

Aequivalent des $NaOSO_3$ ergibt sich 5,480 und für $NaOSO_3 + 10\ HO = 1,863$. Die Menge des $NaOSO_3$ ist wie die des NaCl bestimmt.

Tab. 2.

Nr. des Versuchs	Beschaffenheit der angewendeten Membran	Durchgetretene Menge $NaO\ SO_3$ Grms.	Durchgetretene Menge HO Grms.	Endosmot. Aequivalent für $NaO\ SO_3$	Endosmot. Aequivalent für $NaO\ SO_3 + 10\ HO$	Temp. R.	Versuchsdauer St.	Versuchsdauer M.
1	Frischer Herzbeutel der Kuh, 14 St. in Aq. dest.	0,622	3,228	5,190	1,734	10,8	4	30
2	Desgleichen	0,530	2,828	5,336	1,798	10,8	4	30
3	„	0,860	4,523	5,260	1,765	10,8	4	30
4	Membran von Versuch 2, unmittelbar nach Vollendung jenes zu dies. Vers. verwandt	0,524	2,945	5,620	1,923	12,2	4	30
5	Desgl. von Versuch 1	0,567	3,157	5,568	1,902	12,2	4	30
6	„ „ „ 3	1,054	5,631	5,342	1,802	12,2	4	30
7	Frischer Herzbeutel der Kuh, 4 St. in Aq. dest.	0,776	4,498	5,796	2,001	13,2	5	30
8	Frischer Herzbeutel der Kuh, 4 Tage in Aq. dest.	0,784	4,372	5,576	1,905	11,8	5	30
9	Desgleichen	1,191	6,478	5,439	1,845	11,8	5	30
10	Membran von Versuch 1 u. 5, nachher 12 St. in Aq. dest.	0,671	3,655	5,447	1,852	11,0	6	—
11	Desgl. von Vers. 2 u. 4	0,632	3,553	5,622	1,924	11,0	6	—
12	„ „ „ 3 „ 6	0,956	5,327	5,566	1,903	11,0	6	—

3. Endosmotisches Aequivalent des Chlorammoniums.

Die hier mitgetheilten Versuche sind nach beiden Methoden angestellt, wie bereits oben angeführt wurde. Ich erlaube mir bei dieser Gelegenheit zu bemerken, dass alle Versuche nach der zweiten Methode, sobald sie bei einer Temperatur über 6° R. gefertigt wurden, unter einer

mit Wasser abgesperrten Glasglocke zur Verhinderung der Verdunstung angestellt wurden, während bei niedrigerer Temperatur meist diese Vorsichtsmassregel nicht angewendet, dagegen Verdunstungsbeobachtungen in der Weise gemacht wurden, dass Wasser in Gefässen mit ungefähr gleichen Oberflächen und gleichen Temperaturverhältnissen, wie die betreffenden Versuche ausgesetzt und die Gewichtsabnahme in einer gewissen Zeit bestimmt wurde. Diese Resultate wurden dann mit in die Rechnung gebracht.

Tab. 3

Beschaffenheit der angewendeten Membran	Durchgetretene Menge NH_4Cl Grms.	Durchgetretene Menge HO Grms.	Endosmotisches Aequivalent	Temp. R.	Versuchsdauer St.	Versuchsdauer M.	Bemerkungen.
Frischer Herzbeutel der Kuh, 18 St. in Aq. dest.	3,191	6,140	1,924	12,8	4	40	nach der ersten Methode
Desgleichen . . .	2,776	5,459	1,966	12,8	4	40	nach der ersten Methode
Gebrauchter, 14 St. in Aq. dest. gelegter Herzbeutel	3,462	6,221	1,796	11,5	6	—	nach der ersten Methode
Desgleichen . . .	3,928	7,366	1,875	11,5	6	—	nach der ersten Methode
„ . . .	3,848	7,118	1,850	10,7	6	—	nach der ersten Methode
„ . . .	3,707	7,409	2,054	10,7	6	—	nach der ersten Methode
Frischer Herzbeutel der Kuh, 18 St. in Aq. dest.	1,796	3,681	2,050	3,5	5	—	nach der zweiten Methode
Desgleichen . . .	2,698	5,379	1,993	3,5	5	—	nach der zweiten Methode
„ . . .	2,665	5,278	1,980	3,5	5	—	nach der zweiten Methode
„ . . .	1,676	3,519	2,100	5,4	6	30	nach der zweiten Methode
„ . . .	1,939	4,069	2,098	5,4	6	30	nach der zweiten Methode
„ . . .	1,961	3,762	1,918	5,4	6	30	nach der ersten Methode

Der mittlere Werth des endosmotischen Aequivalents ergibt nach dieser Tabelle für das Chlorammonium 1,967. Trotz der beiden angewandten

Methoden schwanken die erhaltenen Werthe kaum um 0,3, was für die Genauigkeit jener spricht, im Vergleich zu den von anderen Forschern angegebenen Methoden, welche bei weitem grössere Schwankungen zeigen [1]). Die NH_4Clmengen sind durch Wägung des nach dem Abdampfen im Wasserbade gebliebenen Rückstandes bestimmt.

4. Endosmotisches Aequivalent des kohlensauren Natrons.

Sämmtliche in der folgenden Tabelle enthaltenen Bestimmungen sind nach der ersten Methode ausgeführt, und habe ich das endosmotische Aequivalent sowohl für das wasserfreie kohlensaure Natron, als auch für das 10fach gewässerte, die sogenannte Soda, bestimmt.

Tab. 4.

Beschaffenheit der angewendeten Membran	Durchgetretene Menge NaO CO₂ Grms.	Durchgetretene Menge HO Grms.	Endosmot. Aequivalent für NaO CO₂ berechnet	Endosmot. Aequivalent für NaO CO₂ + 10 HO	Temp. R.	Versuchsdauer St.	Versuchsdauer M.	HO-Gehalt des angewendeten Salzes %
Frischer Herzbeutel der Kuh, 18 St. in Aq. dest.	0,502	4,897	9,75	3,00	12,0	5	20	64,23
Frischer Herzbeutel der Kuh, 40 St. in Aq. dest.	0,501	5,487	10,97	3,45	11,4	5	20	64,41
Frischer Herzbeutel der Kuh, 64 St. in Aq. dest.	0,428	4,577	10,70	3,34	12,0	5	30	64,02
Desgleichen	0,489	5,412	11,06	3,48	11,7	5	30	64,02
Frisch. Herzb. d. Kuh, 12 St. in Aq. dest.	0,640	6,756	10,56	3,29	14,0	4	30	62,85
Desgleichen	0,451	4,963	11,00	3,46	13,6	4	30	62,85
Frisch. Herzb. d. Kuh, 60 St. in Aq. dest.	0,572	6,087	10,63	3,31	12,3	5	—	62,65
Desgleichen	0,552	5,769	10,45	3,25	12,4	5	—	62,65
Frisch. Herzb. d. Kuh, 84 St. in Aq. dest.	0,491	5,065	10,32	3,21	14,0	4	—	63,03
Desgleichen	0,581	5,872	10,10	3,13	14,0	4	—	63,03

[1]) Siehe Hoffmann, Untersuchungen etc. pag. 4.

Als mittlerer Werth des endosmotischen Aequivalentes erscheint hier für:

wasserfreies kohlensaures Natron 10,554,

10fach gewässertes kohlensaures Natron . . 3,292;

Bestimmung der $NaOCO_2$mengen, wie bei NaCl und $NaOSO_3$.

5. Endosmotisches Aequivalent des phosphorsauren Natrons.

Die genaue Bestimmung des Aequivalentes dieses Salzes hat nach der ersten Methode sehr grosse Schwierigkeiten zu überwinden, da durch die Eigenthümlichkeit dieses Salzes in Bezug auf seinen Wassergehalt eine grosse Menge von Fehlerquellen bedingt sind. Das phosphorsaure Natron verliert bekanntlich bei anhaltendem Glühen [1]) erst sein vollständiges Wasser, so zwar, dass die grösste Vorsicht nöthig ist, um dasselbe gänzlich zu entfernen.

Nach der ersten Methode ist es nun nothwendig, dass 1) das einzuführende Salz, 2) die einzuführende Lösung und 3) der Rückstand in der Endosmosenröhre auf den Gehalt an phosphorsaurem Natron geprüft werde. Man hat also nöthig, drei Proben zu glühen, und ist um so leichter in dem Falle bei einer oder der anderen dieser Proben kleinere oder grössere Fehler zu machen, als man es meist mit grösseren Mengen des Salzes zu thun hat. Ist also z. B. dann der Procentgehalt des Salzes oder der Lösung falsch bestimmt, so gibt es in der Berechnung sehr wesentliche Fehler. Kleiner werden diese, wenn man nicht das sämmtliche Wasser beim Glühen des Rückstandes ausgetrieben hat. Dass diese Ueberlegung richtig sei, ergibt denn auch die Erfahrung, die Aequivalentbestimmungen für das phosphorsaure Natron schwanken bei Anwendung dieser Methode ganz enorm, so habe ich z. B. für das endosmotische Aequivalent des $_2NaOPO_5$ folgende verschiedenen Werthe erhalten: 10,37; 20,8; 8,7; 16,9; 23,06; 13,8. Viel weniger fällt dieser Uebelstand in die Wage

[1]) Gmelin, Handbuch der Chemie, 2. Band, pag. 90. 4. Aufl.

bei Anwendung der zweiten Methode; man hat bei dieser nur einmal die Menge des $2\,NaOPO_5$ zu bestimmen, nämlich in der äusseren Flüssigkeit, und diese Menge ist viel geringer, lässt sich daher auch mit leichterer Mühe von ihrem Wasser befreien. Dass auch diese Ueberlegung richtig ist, beweisst die grosse Uebereinstimmung in den durch diese Methode erhaltenen Resultaten, welche aus Tab. 5 erhellen, in derselben finden sich die Werthe des endosmotischen Aequivalentes für $2\,NaOPO_5$; $2\,NaOPO_5$ HO u. $2\,NaOPO_5$ HO + 24 Aq. angegeben.

Tab. 5.

Beschaffenheit der angewendeten Membran	Durchgetretene Menge $2\,NaO\,PO_5$ Grms.	Durchgetretene Menge HO Grms.	Endosmotisches Aequivalent für $2\,NaO\,PO_5$	Endosmotisches Aequivalent für $2\,NaO\,PO_5$ HO	Endosmotisches Aequivalent für $2\,NaO\,PO_5$ HO+24Aq.	Temp. R.	Versuchsdauer St.	Versuchsdauer M.	HO-Gehalt des angewendeten Salzes %
Frisch. Herzbeutel der Kuh, 36 St. in Aq. dest.	0,145	2,609	17,92	16,77	6,08	4,0–4,4	7	20	62,86
Desgleichen . . .	0,136	2,446	17,99	16,87	6,10	4,0–4,4	7	20	62,86
Die Membran von Vers. 1, inzwischen 16 St. lang ohne Bestimm. diffundirt . . .	0,140	2,303	16,45	15,40	5,51	4,0–4,3	6	15	63,93
Desgl. v. Vers. 2.	0,138	2,377	17,17	16,10	5,79	4,0–4,3	6	15	63,93
Frisch. Herzbeutel der Kuh, 18 St. in Aq. dest.	0,087	1,535	17,64	16,54	5,96	3,6	7	—	63,65
Dieselbe Membr., inzwischen 17 St. lang ohne Bestimmung diffundirt	0,094	1,662	17,68	16,56	5,97	4,3	8	—	64,58
Frisch. Herzbeutel der Kuh, 18 St. in Aq. dest.	0,083	1,435	17,30	16,25	5,84	3,6	7	—	63,65
Dieselbe Membr., inzwischen 17 St. lang ohne Bestimmung diffundirt	0,102	1,770	17,35	16,27	5,86	4,3	8	—	64,58
Frisch. Herzbeutel der Kuh, 15 St. in Aq. dest.	0,083	1,436	17,30	16,25	5,84	2,8	8	40	63,42
Desgleichen . . .	0,178	3,036	17,06	15,91	5,74	4,9	8	40	63,42

Hier sind die mittleren Werthe des endosmotischen Aequivalentes für:

$$2\,NaOPO_5 = 17{,}386$$
$$2\,NaOPO_5\,HO = 16{,}292$$
$$2\,NaOPO_5\,HO + 24\,Aq. = 5{,}869$$

6. Endosmotisches Aequivalent des Jodkaliums.

Das Aequivalent des Jodkaliums wurde nach der zweiten Methode ausgeführt und wurde die Menge des Jodkaliums durch Wägen des nach dem Abdampfen im Wasserbade und darauf folgendem längerem Erhitzen bei 95° R. erhaltenen Rückstandes bestimmt.

Tab. 6.

Nr. des Versuchs	Beschaffenheit der angewendeten Membran	Durchgetretene Menge KJ Grms.	Durchgetretene Menge HO Grms.	Endosmotisches Aequivalent	Temp. R.	Versuchsdauer St.	Versuchsdauer M.
1	Frischer Kuhherzbeutel, 14 St. in Aq. dest.	2,313	2,561	1,107	10,3	1	—
2	Desgleichen	2,274	2,423	1,065	10,3	1	—
3	„	2,537	2,760	1,088	10,3	1	—
4	„	2,178	2,354	1,081	10,3	1	—
5	Dieselbe Membran von Versuch 1 unmittelbar nachher	2,522	2,840	1,126	10,5	1	—
6	Desgleichen von Versuch 2	1,401	1,530	1,092	10,5	—	45
7	„ „ „ 3	3,047	3,361	1,103	10,5	1	—
8	„ „ „ 4	2,821	3,061	1,085	10,5	1	—

Mittlerer Werth des endosmotischen Aequivalentes für KJ = 1,093.

7. Endosmotisches Aequivalent des salpetersauren Kalis.

Sämmtliche Aequivalente des salpetersauren Kalis sind nach der ersten Methode bestimmt; der in der Endosmosenröhre bleibende Rückstand wurde abgedampft, längere Zeit bei 130° R. erhitzt und nach dem Erkalten gewogen. Die erhaltenen Werthe sind aus der folgenden Tabelle zu erse-

hen, als mittlerer Werth für das endosmotische Aequivalent des $KONO_5$ erscheint dabei: 1,225.

Tab. 7.

Beschaffenheit der angewendeten Membran	Durchgetretene Menge $KO NO_5$ Grms.	Durchgetretene Menge HO Grms.	Endosmotisches Aequivalent	Temp. R.	Versuchsdauer St.	Versuchsdauer M.	Bemerkungen
Frischer Kuhherzbeutel, mehrere St. in Aq. dest.	3,289	4,207	1,279	15,6	3	—	enge Röhre
Desgleichen	2,178	2,683	1,232	15,6	3	—	enge Röhre
„	6,136	6,968	1,136	16,7	2	20	weite Röhre
„	5,220	7,015	1,344	17,1	1	50	weite Röhre
„	6,104	6,630	1,086	17,3	2	10	weite Röhre
„	5,614	6,447	1,148	11,1	2	—	weite Röhre
„	2,457	3,350	1,363	13,7	3	33	enge Röhre
„	3,830	4,320	1,128	13,7	3	30	enge Röhre
„	3,061	3,703	1,210	13,8	3	27	enge Röhre
„	3,295	4,376	1,328	13,8	3	27	enge Röhre

Die hierbei angewandten „engen Röhren“ haben einen Durchmesser zwischen 3,0 und 3,5 Centimeters; die „weiten Röhren“ einen solchen zwischen 5,0 und 6,5 Centimeters. Bei allen Versuchen im Laufe dieser Arbeit, wobei nichts Besonderes bemerkt ist, kamen nur die „engen Röhren“ zur Anwendung.

8. Endosmotisches Aequivalent der schwefelsauren Magnesia.

Bei der schwefelsauren Magnesia ergaben sich ganz ähnliche Unbequemlichkeiten für die Anwendung der ersten Methode, wie bei dem phosphorsauren Natron. Auch hier ist die gleichmässige Austreibung des Wassers schwierig, namentlich wenn es sich um grössere Mengen Salz handelt. Da das siebente Aequivalent Wasser erst bei sehr starkem Glühen verschwindet, so ist es rathsam, nur die 6 Aequivalente auszutreiben; hat man nun grössere Mengen Salz, so kommt es vor, dass, selbst

nach langem Austrocknen im Wasserbade, doch noch Wasser durch das Salz mechanisch eingeschlossen ist, das dann bei einer Hitze von 130° R., die man zur völligen Austreibung der 6 Aequivalente Wasser nöthig hat [1]), leicht zum Spritzen der Masse Veranlassung gibt. Hierdurch entstehen dann leicht Gewichtsverluste, welche eben so nachtheilig wirken, wie oben bei dem phosphorsauren Natron nachgewiesen wurde. Diesen Uebelstand hat man aber gar nicht zu befürchten, sobald es sich nur um kleinere Mengen Salz, wie bei der zweiten Methode, handelt. Während ich daher nach der ersten Methode Aequivalente erhielt, welche zwischen 2,5 und 14,9 für $MgO\ SO_3 + HO$ schwankten, lieferte mir die zweite Methode so übereinstimmende Resultate, wie sie die Tab. 8 zeigt, in welcher die Aequivalente für $MgO\ SO_3 + HO$ und $MgO\ SO_3 + HO + 6\ Aq$ berechnet sind.

Tab. 8.

Nr. der Versuche	Beschaffenheit der Membran	Durchgetr. $MgO\ SO_3 + HO$ Grms.	Menge HO Grms.	Endosmot. für $MgO\ SO_3 + HO$	Aequivalent für $MgO\ SO_3 + HO + 6Aq$	Temp. R.	Versuchsdauer St.	M.	Bemerkungen
1	Frisch. Herzb. d. Kuh, 15 St. in Aq. dest.	0,096	1,145	11,927	4,680	12,4	2	—	
2	Desgleichen	0,170	2,174	12,788	5,057	12,4	2	—	
3	„	0,128	1,624	12,687	5,000	12,4	2	—	
4	„	0,252	2,903	11,520	4,493	12,4	2	—	
5	Gebrauchter Herzbeutel der Kuh . .	0,172	2,321	13,495	5,373	12,0	2	—	die Membran von Versuch 1 wurde nach Beendigung desselben ohne vorherige Auswässerung verwendet
6	Desgleichen	0,206	2,388	11,592	4,531	12,0	2	—	desgl. v. Vers. 2
7	„	0,152	1,820	12,026	4,720	12,0	2	—	„ „ „ 3
8	„	0,219	2,765	12,625	4,980	12,0	2	—	„ „ „ 4
9	Frisch. Herzb. d. Kuh, 16 St. in Aq. dest.	0,168	2,274	13,536	5,376	12,2	2	—	
10	Desgleichen	0,212	2,644	12,472	4,919	5,0	8	—	

[1]) Siehe Graham Otto, Chemie, Band II, 2, 2, S. 285. 2. Aufl.

Als mittlerer Werth des endosmotischen Aequivalentes ergibt sich hier:

für $MgO\ SO_3 + HO$ . . . . $= 12{,}467$

für $MgO\ SO_3 + HO + 6$ Aq. $= 4{,}913$.

9. Endosmotisches Aequivalent des salpetersauren Baryts.

Die Aequivalente dieses Salzes sind nach der ersten Methode berechnet; die Salzmenge wurde durch Wägen der geglühten und dann wieder erkalteten Masse berechnet.

Tab. 9.

Beschaffenheit der Membran	Durchgetretene Menge $BaO\ NO_5$ Grms.	Durchgetretene Menge HO Grms.	Endosmotisches Aequivalent	Temp. R.	Versuchsdauer St.	Versuchsdauer M.	Bemerkungen
Frischer Herzbeutel der Kuh, 6 St. in Aq. dest.	0,578	0,228	0,394	10,4	3	—	enge Röhre
Desgleichen	0,677	0,203	0,300	12,0	2	30	
Frischer Herzbeutel der Kuh, 12 St. in Aq. dest.	1,935	0,940	0,485	16,8	6	—	weite Röhre
Desgleichen	1,554	0,479	0,308	13,1	6	—	
„	0,942	0,287	0,305	13,2	6	10	enge Röhre
Frischer Kuhherzbeutel, 14 St. in Aq. dest. . . .	0,883	0,448	0,507	13,7	6	30	
Desgleichen	3,794	1,542	0,406	12,4	7	30	weite Röhre
„	4,434	2,037	0,459	12,4	7	30	
Frischer Kuhherzbeutel, 36 St. in Aq. dest. . .	2,593	1,021	0,394	13,2	6	30	
Desgleichen	1,016	0,331	0,326	13,2	6	30	enge Röhre
„	1,056	0,387	0,366	13,2	6	30	
„	1,070	0,468	0,437	13,2	6	30	

Das mittlere Aequivalent dieses Salzes ist daher 0,391. Hierbei tritt uns zum ersten Male das Faktum entgegen, dass das endosmotische Aequivalent bedeutend unter 0 herabsinkt; also die durchtretende Salzmenge grösser, als die durchtretende Wassermenge ist.

10. Endosmotisches Aequivalent des Rohrzuckers.

Die Tab. 10 enthält die Resultate der hierüber geführten Untersuchungen.

Tab. 10.

Nr. der Versuche	Beschaffenheit der angewendeten Membran	Durchgetr. Menge Saccharum Grms.	HO Grms.	Endosmotisches Aequivalent	Temp. R.	Versuchsdauer St.	M.	Bemerkungen
1	Frischer Kuhherzb., 12 St. in Aq. dest.	0,478	5,103	10,675	10,75	4	—	
2	Dieselbe Membran, unmittelbar nachher	0,545	5,139	9,429	11,9	4	—	
3	Dieselbe Membran, später	0,453	4,462	9,850	11,0	3	40	Zwischen Versuch 2 u. 3 d. Membran mit Zuckerlösung 15 Std. lang in Aq.-Dampfraum
4	Frischer Kuhherzb., 2 Tage in Aq. dest.	0,466	4,648	9,974	12,0	3	40	
5	Dieselbe Membran, unmittelbar nachher	0,494	4,688	9,494	13,0	3	40	
6	Gebrauchter Herzbeutel der Kuh . .	0,252	2,749	10,908	12,5	2	30	Derselbe hatte bereits zu Versuchen mit Na Cl gedient, vor weiterer Anwendung aber in Aq. dest. gelegen
7	Dieselbe Membran, unmittelbar nachher	0,211	2,392	11,336	11,5	2	—	
8	Gebrauchter Herzbeutel der Kuh . .	0,405	3,520	8,691	12,5	2	30	Wie bei Versuch 6
9	Dieselbe Membran, unmittelbar nachher	0,312	2,911	9,330	11,5	2	—	
10	Frischer Kuhherzb., 2 Tage in Aq. dest.	0,644	6,826	10,600	12,6	5	—	
11	Gebrauchter Herzbeutel der Kuh . .	0,328	3,302	10,067	12,5	2	30	„ „ „ 6
12	Dieselbe Membran, unmittelbar nachher	0,290	3,050	10,517	11,5	2	—	

Ich muss hierzu bemerken, dass ich Anfangs sehr wenig übereinstimmende Resultate erhielt, so zwar, dass dieselben Membranstücke mehreremal angewendet, mir immer dieselben Resultate lieferten, dass diese

aber nicht mit denen anderer Membranstücke immer übereinstimmten, so erhielt ich Werthe für das endosmotische Aequivalent, welche zwischen 20,4 und 7,5 lagen. Noch ist es mir nicht gelungen, die Ursachen dieser Differenzen aufzufinden, da ich jedoch in der letzteren Zeit (und dies ist mir eigentlich das Auffallendste) nahezu übereinstimmende Resultate erhielt, so nehme ich keinen Anstand, diese zu veröffentlichen, indem ich mir vorbehalte, den Grund der ursprünglichen Schwankungen, wenn ich ihn noch entdecken sollte, später mitzutheilen.

Die Menge des Zuckers wurde durch Wägen des nach dem Abdampfen im Wasserbade bleibenden Rückstandes ermittelt.

Als mittleren Werth für das Aequivalent des Rohrzuckers fand ich 10,074.

11. Endosmotisches Aequivalent des Harnstoffs.

Tab. 11.

Nr. des Versuchs	Beschaffenheit der Membran	Durchgetr. Urea Grms.	Menge HO Grms.	Endosmotisches Aequivalent	Temp. R.	Versuchsdauer St.	M.	Bemerkungen
1	Frischer Kuhherzb., 18 St. in Aq. dest.	1,350	2,553	1,891	12,0	1	15	
2	Desgleichen	1,500	2,745	1,830	12,0	1	10	
3	„	1,500	2,873	1,915	12,0	1	—	
4	„	1,190	2,313	1,944	12,0	1	15	
5	Gebr. Kuhherzbeutel	1,580	3,396	2,100	12,0	1	45	Die Membran von Versuch 1 ohne vorher ausgewässert zu sein
6	Desgleichen	1,666	3,553	2,133	12,0	1	30	Desgl. v. Versuch 2
7	„	1,740	3,664	2,100	12,0	1	20	„ „ „ 3
8	„	1,320	2,894	2,192	12,0	1	45	„ „ „ 4
9	„	1,610	3,438	2,13	12,4	1	30	Die Membran von Versuch 1 und 5, nachdem durch sie inzwisch. NaCl und Sacch. diffundirt u. dieselbe jedesmal tüchtig ausgewässert war.
10	„	1,700	3,637	2,14	12,4	1	30	Desgl. v. Versuch 2 u. 6
11	„	1,790	3,662	2,04	12,4	1	30	„ „ „ 3 u. 7
12	„	1,320	2,839	2,15	12,4	1	30	„ „ „ 4 u. 8

Die Untersuchungen über diesen Körper, sowie über den vorhergehenden und den folgenden wurden nach der zweiten Methode ausgeführt. Der Harnstoff selbst wurde durch Titriren nach der Liebig'schen Methode ermittelt, und zwar wurden von jeder Flüssigkeit zwei Proben titrirt und das Mittel aus beiden Ergebnissen gezogen.

Das mittlere endosmotische Aequivalent ist hier 2,047.

12. Endosmotisches Aequivalent des salpetersauren Harnstoffs.

Die Menge des salpetersauren Harnstoffs wurde durch Titriren des Harnstoffs und Berechnen der salpetersauren Verbindung darnach bestimmt; die erhaltenen Werthe finden sich in Tab. 12.

Tab. 12.

Nr. des Versuchs	Beschaffenheit der angewendeten Membran	Durchgetr. Menge Urea nitric. Grms.	Durchgetr. Menge HO Grms.	Endosmotisches Aequivalent	Temp. R.	Versuchsdauer St.	Versuchsdauer M.	Bemerkungen
1	Frischer Herzbeutel der Kuh, 36 St. in Aq. dest.	1,906	1,760	0,923	12.4	4	—	
2	Desgleichen	1,681	1,501	0,893	12,4	4	—	
3	„	1,599	1,386	0,867	12,4	4	—	
4	„	1,415	1,233	0,871	12,4	4	—	
5	Gebrauchter Herzbeutel der Kuh . .	2,216	1,847	0,833	13,2	4	—	Die Membran von Versuch 1 unmittelbar nachher, ohne vorher ausgewässert zu sein, zu diesem Versuche verwandt
6	Desgleichen	1,989	1,605	0,807	13,2	4	—	Desgl. von Versuch 2
7	„	1,661	1,290	0,777	13,2	4	—	„ „ „ 3
8	„	1,609	1,171	0,786	13,2	4	—	„ „ „ 4

Der mittlere Werth des endosmotischen Aequivalentes des salpetersauren Harnstoffs ist hiernach = 0,842.

Betrachten wir nun die ermittelten Aequivalente der hier abgehandelten Verbindungen, so können sie der Grösse ihres Werthes nach in folgende Reihenfolge gesetzt werden:

1. $BaO\ NO_5$	= 0,391		10. $MgO\ SO_3 + HO + 6\ Aq$	= 3,292
2. Urea nitric. . . .	= 0,842		11. $NaO\ SO_3$ . . .	= 5,480
3. KJ	= 1,093		12. $2\ NaOPO_5HO + 24Aq$	= 5,869
4. $KO\ NO_5$	= 1,225		13. Saccharum . . .	= 10,074
5. $NaO\ SO_3 + 10\ Aq$.	= 1,863		14. $NaO\ CO_2$ . . .	= 10,554
6. $NH_4\ Cl$	= 1,967		15. $MgO\ SO_3 + HO$.	= 12,467
7. Urea	= 2,047		16. $2\ NaO\ PO_5\ HO$.	= 16,292
8. NaCl	= 2,293		17. $2\ NaO\ PO_5$ . .	= 17,386
9. $NaO\ CO_2 + 10\ Aq$.	= 3,292			

Ich enthalte mich, die etwa aus der Grösse der Aequivalente zu ziehenden Folgerungen hier auszuführen, da viele derselben noch so lange gewagt erscheinen, bis einmal der ganze endosmotische Process sich mehr aufgeklärt hat, als dies bis jetzt der Fall ist. Dagegen erlaube ich mir hier noch eine Mittheilung über die Schnelligkeit der Diffusion mehrerer in dieser Abhandlung aufgeführten Körper; die dabei zu Grunde gelegten Untersuchungen bezweckten jedoch nur die ungefähre Erforschung des Verhältnisses der betreffenden Körper und machen die hierhergehörigen Angaben durchaus keinen Anspruch auf *unbedingte* Richtigkeit, während sie jedoch das relative Verhältniss *ziemlich* genau angeben.

Die unbedingte Richtigkeit der Angaben wird schon dadurch etwas alterirt, dass bei den verschiedenen Versuchen die Temperatur nicht vollständig gleich war. Bei der Prüfung der Schnelligkeit des endosmotischen Vorgangs wurde:

für Urea eine Temperatur von . . . 12,0° R. — 12,6° R.
„ Saccharum eine Temperatur von 11,5° R. — 12,5° R.
„ NaCl „ „ „ 12,0° R.
„ $NaO\ SO_3$ „ „ „ 12,0° R. — 12,2° R.

angewandt. Die gefundenen Resultate sind in Tab. 13 niedergelegt.

Sämmtliche Körper sind auf ihre endosmotische Geschwindigkeit durch vier verschiedene Membranen geprüft, die auf die in Tab. 13 aufgeführ-

ten 4 Röhren befestigt waren; mit Zucker, Kochsalz und Glaubersalz sind je zwei Versuche angestellt, mit Harnstoff aber drei, und zwar wurden bei allen vier Röhren die Versuche in gleicher Reihenfolge angestellt. Es wurde nämlich mit dem frischen Pericardium der Kuh, das 18 Stunden lang in Wasser gelegen hatte, zuerst zwei Versuche mit Harnstoff angestellt, wovon der zweite dem ersten unmittelbar folgte, dann wurden die Membranen eine Stunde lang in destillirtem Wasser ausgewässert, indem die mit destillirtem Wasser gefüllten Röhren in grosse Gefässe mit destillirtem Wasser eingesenkt wurden. Hierauf folgte je ein Versuch mit Zucker, welcher 3 Stunden andauerte, dann wurden die Membranen über Nacht abermals ausgewässert, und es folgten dann je zwei Versuche mit Kochsalz. Nach abermaliger, durch 3 Stunden dauernder Auswässerung wurde wiederum je ein Versuch mit Zucker gemacht und dann die Nacht hindurch ausgewässert. Am dritten Tage endlich wurden zwei Versuche unmittelbar hinter einander durch je zwei Stunden mit Glaubersalz angestellt, dann ein und eine halbe Stunde lang ausgewässert, und endlich ein dritter Versuch mit Harnstoff gemacht.

Tab. 13.

Röhre	In einer Stunde durchgegangene Menge			
	Urea	Saccharum	NaCl	$NaOSO_3$
	Grammes.	Grammes.	Grammes.	Grammes.
1	1,080	0,101	0,472	0,124
1	0,960	0,105	0,542	0,124
1	1,044			
2	1,286	0,162	0,610	0,122
2	1,112	0,156	0,642	0,127
2	1,123			
3	1,500	0,121	0,566	0,132
3	1,305	0,145	0,562	0,126
3	1,236			
4	0,896	0,078	0,466	0,120
4	0,776	0,071	0,502	0,116
4	0,826			

Aus dieser Tabelle ergibt sich das mittlere Geschwindigkeitsverhältniss ungefähr wie folgt:

Röhre	Urea	Saccharum	NaCl	$NaOSO_3$
1	10,0	1	5,0	1,2
2	7,4	1	3,9	0,8
3	10,0	1	4,3	1,0
4	11,1	1	6,4	1,6
Mittel	9,6	1	4,9	1,15

Was die Geschwindigkeit anbelangt, ist also hier die Reihenfolge:

Zucker, Glaubersalz, Kochsalz, Harnstoff,

während nach dem Aequivalente die Reihenfolge ist:

Harnstoff, Kochsalz, Glaubersalz, Zucker.

Was das endosmotische Aequivalent anbelangt, so kann ich die Angabe Graham's [1]), dass der Harnstoff ein fast eben so grosses Diffusionsvermögen besitze, als das Kochsalz, bestätigen, hinsichtlich der Geschwindigkeit aber stellt sich heraus, dass der Harnstoff noch einmal so schnell diffundirt, als Kochsalz; übrigens hat Graham hierbei nur Versuche über freie Diffusion im Auge, doch gründet sich seine Angabe auf in gleichen Zeiten übergetretene Mengen von Salz.

Eine sehr grosse Diffusionsgeschwindigkeit hat auch das Jodkalium. Leider habe ich keine direct vergleichenden Versuche hier angestellt, aber das kann ich bemerken, dass sich meinen Beobachtungen nach das Geschwindigkeitsverhältniss zwischen Chlornatrium (Kochsalz) und Jodkalium etwa herausstellen wird, wie 2 zu 5.

Weitere Versuche hierüber werde ich gelegentlich einer anderen Arbeit veröffentlichen. Noch erlaube ich mir zu bemerken, dass zwar die Berechnung der endosmotischen Aequivalente auf drei Decimalen bei ihren Schwankungen überflüssig erscheint, trotzdem habe ich sie der grösseren Richtigkeit wegen ausgeführt.

[1]) Annalen der Chemie und Pharmacie, LXXVII, p. 71.



Fünfte Abhandlung.

Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Speichelnerven und die Speichelsecretion der glandula submaxillaris beim Hunde.

Von

A. Adrian und C. Eckhard.

Die Arbeit des Herrn Prof. J. Czermak [1]) war die erste Veranlassung, den obigen Gegenstand behufs der Erwerbung eines eignen Urtheils darüber zu bearbeiten. Da sich dabei einige interessante neue Thatsachen ergeben haben, so theilen wir diese im Folgenden mit. Dabei wurde die anatomische Untersuchung vorzugsweise von A., die physiologische von E. geführt.

A. Anatomische Untersuchung.

Eine genauere Präparation und Beschreibung der Speichelnerven beim Hunde erschien um so wünschenswerther, als in den bekannten anatomischen und physiologischen Arbeiten über diesen Gegenstand eine genauere Darstellung dieser Verhältnisse fehlt. Die gröbere Anatomie der Drüse und ihres Ausführungsganges bietet keine wesentlichen Verschiedenheiten von der des Menschen. Doch sind die folgenden Bemerkungen für die spätere physiologische Untersuchung nicht ohne Werth. Es sind stets zwei Gänge vorhanden, von denen der eine dem ductus Whartonianus, der andere dem ductus Bartholinianus entspricht. Der letztere führt einen grossen Theil des Secretes aller der Drüsenhäufchen, deren Gesammtheit der glandula sublingualis entspricht, läuft mit dem ersten fast parallel und mündet entweder in ihn oder getrennt von demselben in die Mundhöhle.

---

[1]) Sitzungsberichte der math.-naturw. Klasse der Kais. Academie der Wissenschaften zu Wien. Band XXV. S. 3.

Man muss sich, wie aus der Beschreibung der spätern physiologischen Versuche erhellen wird, hüten, diesen ductus Bartholinianus zur Untersuchung zu wählen. Er ist leicht durch seine geringere Dicke kenntlich. Die Thieranatomen [1]) geben an, dass aus dem hintern Theil der glandula sublingualis bei den Fleischfressern noch ein kleiner Gang komme, welcher sich in den Wharton'schen ergiesse. Ich habe beim Hunde weder durch Aufblasen, noch durch Leiminjection vom ductus Whartonianus aus diesen Verbindungsgang darzustellen vermocht. Etwa in der Mitte des Verlaufs des Wharton'schen Ganges kreuzt sich mit diesem der nervus lingualis, indem er an der äussern Seite desselben verläuft. Von ihm stammt der zur Drüse gehende Ast, dessen Verhalten im Einzelnen jedoch in verschiedenen Fällen verschieden ist. Entweder geht, und dies ist die Regel, in der Nähe der Kreuzungsstelle mit dem Gang oder schon früher ein einfacher, verhältnissmässig starker Zweig ab, der sich bald an den Gang anlegt und an diesem rückwärts bis zur Drüse verläuft; in anderen Fällen gehen von dem nervus lingualis zwei oder drei einzelne kleine Aestchen ab, die sich dann gleichfalls an den Gang anlegen und wie jener einfache verlaufen. Vielleicht ist dies der Grund, wesshalb in manchen Fällen der Nervenreizung keine so reichliche Secretion erfolgt, als man sie für gewöhnlich beobachtet, indem die Annahme nahe liegt, dass man in solchen Experimenten nicht alle zur Drüse gehenden Nervenfädchen der Reizung unterwirft. Während des rückwärts gehenden Verlaufs des Drüsenzweiges gibt derselbe kleine Fädchen an den Gang selbst, dann solche an die Läppchen der glandula sublingualis und dringt endlich, um den Ursprung des Ganges und seiner Aestchen ein Geflecht bildend, mit diesen in das Parenchym der Drüse ein. Diese bezieht nun auch noch ausserdem aus dem sympathischen Geflechte, welches die Verzweigungen der Carotis am Kopfe mehr oder weniger reichlich umspinnt, eine Anzahl Nervenfädchen. Dicht unter dem Schädel liegt der obere Halsknoten des

[1]) Leyh, Handbuch der Anatomie der Hausthiere, S. 241 u. Gurlt, 19 der 3. Aufl.

sympathicus, welcher in unserer Zeichnung in der Gegend von m von der Arterie bedeckt vorzustellen ist, und von welcher zahlreiche kleine Fädchen an die verschiedenen Arterienverzweigungen und auch die Aestchen, welche für die Unterkiefer- und Unterzungendrüse bestimmt sind, abgehen. An dem Hilus der glandula submaxillaris treten sie, geflechtartig mit den Verzweigungen des vom lingualis kommenden Astes sich verbindend, ein. Von da aber ist es unmöglich, den Fasern eines jeden dieser Nervenzüge gesondert nachzugehen. Insbesondere kann man nicht angeben, ob nun ferner der eine sich mehr an die Verzweigungen des Ganges, der andere mehr an die der Arterie halte. Am Halse ist der Sympathicus, der bei den Fleischfressern verhältnissmässig sehr dünn ist, mit dem vagus sehr innig verbunden. An dem vom n. lingualis kommenden Zweige fällt nun sofort die Abwesenheit eines Analogons des menschlichen Ganglion linguale auf, mit welchem sich bekanntlich jener Drüsenzweig in Verbindung setzt. Die mikroskopische Untersuchung stellt indess diese Analogie her. Schon Remak [1]) und später auch Czermak [2]) haben im Verlauf des n. lingualis und seiner Aeste Ganglienkugeln gefunden. Bei einer von A. zu wiederholten Malen vorgenommenen Untersuchung fand sich folgendes Verhalten beim Hunde. Während in dem Stamme des n. lingualis, den grössern zur Zunge gehenden Aesten und den zum ductus Whartonianus sich begebenden Fädchen keine Ganglien gefunden wurden, zeigten sich dieselben an dem Drüsenaste von dem Abgange desselben an bis zu den feinern Verzweigungen in die Drüse hinein, und zwar sowohl an der Peripherie als auch in der Mitte der einzelnen Aestchen. Bisweilen sind sie so reichlich zusammengehäuft, dass man, einmal auf sie aufmerksam, dieselben schon mit blossem Auge oder geringer Loupenvergrösserung als kleine Körnchen beobachtet. Auffallend dagegen war es, dass bei einer ähnlichen auf die die Arterie umspinnenden Fädchen des sympathi-

---

[1]) Müller's Archiv, 1852, S. 52.

[2]) l. c. S. 7.

schen Geflechtes gerichteten Untersuchung keine Ganglien zu entdecken waren. Sollten sie trotzdem existiren, so müssen sie jedenfalls in unvergleichlich geringerer Anzahl als an den von dem n. lingualis kommenden Fädchen vorhanden sein.

B. Physiologische Untersuchungen.

Zu diesen konnte uns nicht etwa ein Zweifel an der Entdeckung Ludwig's oder die Hoffnung, tiefer in das Problem der Wirkung der Nerven auf die Speichelsecretion einzudringen, bewegen, da wir wissen, wie weit diese Angelegenheit von dem Entdecker gesichert ist und fortgeführt wird. Es war vielmehr die Neugierde, die von Czermak [1]) gemachte Angabe, dass die Reizung des n. sympathicus am Halse unter Umständen *hemmend* auf die Wirkung der Unterkieferdrüsenäste des n. trigeminus wirke, bestätigt zu sehen, um so mehr, als sich die Erscheinungen der Existenz eines sogenannten Hemmungsnervensystems mit jedem Tage zu mehren scheinen. Welche Befriedigung diese Neugierde erhalten, wird sich aus der folgenden Darstellung ergeben.

Ich begann damit, eine Reihe von Versuchen in der Art auszuführen, dass ich, ohne von der Anwesenheit eines in die Unterkieferdrüse gehenden Trigeminuszweiges Notiz zu nehmen, nur den n. sympathicus reizte. Das Verfahren dabei war folgendes: In den Ausführungsgang der Drüse wurde eine Kanüle festgebunden und die Erfolge der Reizung nicht durch *Beobachtung von Manometerständen,* sondern durch *Wägung* des ausfliessenden, in kleinen Gläschen gesammelten Secretes ausgedrückt. Bezüglich der Reizung des n. sympathicus wurde in doppelter Weise verfahren. Ich suchte nämlich erstens den beim Hunde, an welchem Thiere ich allein bis jetzt meine Untersuchungen anstellte,

[1]) Beiträge zur Kenntniss der Beihilfe der Nerven zur Speichelsecretion. Sitzungsberichte der math.-naturw. Klasse der Kais. Academie der Wissenschaften zu Wien. Band XXV. S. 3.

mit dem n. vagus am Halse sehr innig verbundenen dünnen n. sympathicus zu trennen. In manchen Fällen wird dieser Versuch erleichtert und gelingt vollkommen zur Genüge dadurch, dass auf dem vereinigten vagus-sympathicus-Stamm der Länge nach ein kleines Gefäss verläuft, welches jenen in eine kleinere und grössere Abtheilung trennt, von denen man die erstere als Sympathicus nehmen kann, da in ihr die Fasern für die Pupille enthalten sind. In andern Fällen aber ist dieses Merkmal nicht deutlich ausgesprochen, und die Trennung beider Abtheilungen fällt dann sehr unvollkommen aus. Um dieser Unannehmlichkeit zu entgehen, habe ich es zweitens vorgezogen, zumeist den gemeinsamen vagus-sympathicus-Stamm zu reizen. Freilich tritt dabei eine Unannehmlichkeit in höherem Maasse ein, als bei Reizung des getrennten Sympathicus; ich meine nämlich die Einleitung reflectorischer Athem- und unter Umständen auch Brechbewegungen [1]). Die erstern fehlen bei Reizung des getrennten Sympathicus nur selten ganz, indem durch paradoxe Uebertragung der vagus mitgereizt wird, fallen aber natürlich viel schwächer, als im andern Falle aus. Falls die reflectorischen Athembewegungen nur einfache Beschleunigungen darstellen und Brechbewegungen und dergleichen fehlen, verliert man das Vertrauen zu den Versuchen nicht, sobald jedoch die Athembewegungen mehr krampfhaft werden, sich damit auch Brechbewegungen und dergleichen verbinden, dann können allerlei Bedenken über Auspressungen des Secretes durch Muskeldruck kommen und das Vertrauen schwindet. Das Resultat unserer Versuche wird jedoch, wie die Folge lehren wird, so ausfallen, dass derartige Einwendungen zurückstehen müssen. Ich habe zwar mehrmals versucht, die die Drüsenarterie umspinnenden Fäden des sympathischen Geflechtes besonders zu reizen; es ist mir dies aber nicht besonders gelungen, doch nehme ich an, nur aus Mangel an hinlänglicher Uebung, mit diesen kleinen und überdies etwas tief und unbequem liegenden Theilen beim Hunde zu handtieren. Ich habe diese Uebung nicht zu erwerben gesucht,

---

[1]) Wenn man den undurchschnittenen Stamm reizt.

weil, wie es scheint, bei dieser Art der Untersuchung man Gefahr läuft, sich die Resultate zu trüben. Da nämlich die Drüsenästchen dicht an den Gefässen her verlaufen, so ist es nicht allein möglich, bei ihrer Reizung die Gefässe zu zerren und den Blutlauf zu stören, sondern es werden auch, beim Versuch die dicht an die Gefässe geklebten Nerven von diesen zu trennen, dieselben gereizt, noch ehe man dies beabsichtigt, was, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, unter Umständen irre- und zu Zweifeln führen kann. Was nun die Resultate der ersten Versuchsreihe, also die Beobachtung der Erfolge der alleinigen Reizung des n. sympathicus oder vereinigten vagus-sympathicus-Stamms anlangt, so stimmen sie alle in der Bestätigung von Ludwig's Angabe überein, dass die Speichelsecretion *vermehrt* wird. Die folgende Tabelle, welche die während der Reizung des vagus-sympathicus-Stammes, sowie auch die, während eine solche nicht stattfand, gesammelten Speichelmengen in Gewichten angibt, mag diese Behauptung zur Anschauung bringen.

Nr.		H.	M.	S.	Menge des Speichels in Grammen.	Bemerkungen.
I.	Von	10	6	0	0,175	Der vagus-sympathicus-Stamm durchschnitten, ohne Reizung.
	bis	10	8	0		
II.		10	9	0	1,025	Reizung des Stammes.
		10	11	0		
III.		10	12	5	0,265	Ohne Reizung.
		10	14	5		
IV.		10	15	30	1,903	Reizung des Stammes.
		10	17	30		
V.		10	17	45	1,450	Ohne Reizung.
		10	19	45		
VI.		10	21	0	2,024	Reizung des Vagus-Sympathic.
		10	23	0		

Bei weiter fortgesetzter Reizung macht man aber sogleich die Beobachtung, dass noch während der Reizung des Nerven gar bald die abfliessende Menge auffallend abnimmt, so dass bald ein Zeitpunkt kommt, wo je nach den Umständen gar kein Secret oder nur auffallend geringe Mengen gewonnen werden. Sollte dies in einer *Ermüdung* der gereizten Nerven seinen Grund haben? Dies kann nicht sein; denn wenn man dem Nerven einige Zeit der Ruhe gönnt und die Reizung wiederholt, so hat man dieselbe scheinbare Leere der Kanüle, obgleich die Pupillarerweiterung die noch vollkommene Thätigkeit des Sympathicus anzeigt. Auch habe ich mich überzeugt, dass diese secretorische Wirkung des Sympathicus keine reflectorische ist, wobei der Trigeminuszweig intervenire; denn *nach* einer Durchschneidung des letztern die erste Reizung des Sympathicus begonnen, führt zu demselben Resultat und kann, wie wir später sehen werden, in manchen Fällen eine etwas vermehrte Entleerung an Speichel zur Folge haben [1]). Doch gibt es Fälle, obschon sie selten sind, in welchen die Reizung des Sympathicus augenscheinlich zu keiner vermehrten Speichelentleerung Veranlassung gibt. Ich habe bemerkt, dass in solchen das normale Secret, welches den Speichelgang füllt, von aussergewöhnlicher zäher Beschaffenheit ist. In der Regel sind solche Fälle schon während der Operation zu erkennen. Es ist nämlich der Speichelgang in Folge der normalen, zähern Beschaffenheit des Speichels über Gebühr weit, und was die für die Einführung der Kanüle bequeme Weite an Hoffnung erweckt, verschwindet durch die unvollkommne Flüssigkeitsform ihres Inhaltes.

Man macht aber bei den so eben beschriebenen Reizversuchen des Sympathicus eine zweite, nicht unwichtige Beobachtung, welche in Verbindung mit der vorigen nicht allein die soeben gemeldete rasche Abnahme, resp. das vollkommne Cessiren der Speichelentleerung, sondern auch das ganze Heer der scheinbar sich widersprechenden oder nicht übereinstim-

[1]) Was ich in einem Falle auf das Bestimmteste gesehen habe.

12

menden Versuche, wie sie sich bei abwechselnder und gleichzeitiger Reizung von Sympathicus und Trigeminus nach zahlreichen von mir und früher von Herrn Czermak angestellten Untersuchungen gestalten, in einfacher Weise verständlich macht. Es ist dies die einfache Entdeckung, *dass bei Reizung des Sympathicus ein specifisch anderes Secret als bei Reizung des Trigeminus entleert wird.* Die Untersuchung ist bis jetzt noch nicht soweit gediehen, dass ich eine erschöpfende Darstellung der Differenzen des Trigeminus- und Sympathicus-Speichels geben könnte, indem die von dem Hunde zu gewinnenden Mengen aus sogleich zu erwähnenden Gründen zu gering sind, um eine ordentliche chemische Untersuchung vorzunehmen. Zwar habe ich bereits die wesentlichen mikroskopischen und das specifische Gewicht betreffenden Unterschiede ausgemittelt, allein ich will diese Mittheilungen bis zur Vollendung der chemischen Untersuchung versparen. Es werden eben in dieser Beziehung die Versuche bei Pferden und Wiederkäuern fortgesetzt, über welche seiner Zeit berichtet werden soll. An dieser Stelle thut jedoch diese Unvollkommenheit der Untersuchung den weiteren Darlegungen und besonders den daraus zu ziehenden Folgerungen keinen Eintrag. Es unterscheidet sich aber der Sympathicus-Speichel auf den ersten Blick von dem Trigeminus-Speichel *durch seine viel grössere Zähigkeit, geringere Durchsichtigkeit und graulich-weisse Färbung.* Insbesondere noch die erste Eigenschaft anlangend, ist er nicht selten so zähe als Nasenschleim, so dass man oft Mühe hat, ihn aus der zum Versuch gebrauchten Kanüle herauszublasen; in einem an einem Schaafe angestellten Versuche hatte er eine solche Beschaffenheit, dass ihn Leukart, welcher den Versuchen beiwohnte, mit Sperma verglich. Ehe ich nun weiter von der Wichtigkeit dieser Erfahrung rede, will ich den Leser noch auf einige nicht unwichtige Nebenumstände aufmerksam machen, die ich bei Wiederholungen des Versuches zur Bestätigung des Thatsächlichen zu berücksichtigen bitte. Erstens und vor allen Dingen wähle man eine hinreichende weite Kanüle zum Einsetzen in den ductus Whartonianus und wähle diesen selbst, nicht den engern ductus Bartholinianus. Ich möchte in dieser Beziehung

die Vorsicht anempfehlen, sich nie einer Kanüle zu bedienen, die nicht eine Oeffnung von mindestens 1,3 Mm. innerem Durchmesser habe. Es dürfte sich sonst ereignen, dass der Beobachter keine Spur des eigenthümlichen Sympathicus-Speichels zu Gesicht bekommt, indem die absondernden und austreibenden Kräfte nicht hinreichen, das zähe Secret durch die gewählte enge Röhre hindurchzutreiben. Ich lege auf diesen Umstand das verhältnissmässig grösste Gewicht. Zweitens gebe er jedoch, falls ihm dies bei enger Kanüle passiren sollte, einen derartigen Versuch nicht sogleich auf. Er untersuche den Ausführungsgang dicht hinter dem in denselben eingeführten Ende der Kanüle, und er wird meist nach der Sympathicusreizung jenes stark aufgetrieben und mit einer fast gelatinösen, zähen Masse angefüllt finden. Sodann aber reize er den zur Drüse gehenden Trigeminuszweig, wobei sich ergeben wird, dass die jetzt zuerst ausfliessenden Tropfen eine unvergleichbar grössere Zähigkeit etc. besitzen, als der Speichel, den er durch eine der Sympathicusreizung vorhergehende Trigeminusreizung erhalten hat, und bei der jetzt fortgesetzten nach und nach wieder auffangen wird, in dem Maasse nämlich, als das der Reizung des Sympathicus entsprechende Secret ausgetrieben ist. Drittens setze er die Abwechslung der Reizung beider Nerven nicht zu lange fort, weil in dem Maasse, als dies geschieht, durch Mischung beider Speichelarten in den Aesten des Ausführungsganges nach und nach die charakteristischen Unterschiede beider schwinden können. Viertens nehme er die nach einer Trigeminusreizung bei beginnender Sympathicusreizung zuerst ausfliessenden Tropfen nicht für Sympathicus-Speichel, sondern für das, was sie sind, Trigeminusspeichel, oder doch mindestens ein Gemisch von beiden und habe Geduld, wenn sich der erstere nicht so leicht einstellt, als der letztere; wegen der zähen Beschaffenheit jenes kann es oft eine Minute und länger dauern, bis er sich wirklich aus der Kanüle hervorzwängt. Uebrigens will ich hier bemerken, dass, wenn es sich bloss darum handelt, den Einfluss des Sympathicus auf die Speichelsecretion überhaupt festzustellen, es stets anzurathen ist, mit einer Trigeminusreizung zu beginnen,

nach ihr die Mengen zu bestimmen, welche ohne die Reizung abfliessen und dann mit einer Sympathicusreizung fortzufahren. Es werden dann die noch in den Gängen enthaltenen dünnflüssigen Reste des Trigeminus-Speichels vorausgetrieben und so der Einfluss des Sympathicus deutlicher. Natürlich hört dies auf, und die Tropfen kommen langsamer oder bei hinreichend enger Kanüle gar nicht, sobald der Sympathicus-Speichel in die Gänge eintritt. Daher kommt es auch, dass, wie schon oben erwähnt wurde, bisweilen die Sympathicusreizung sich erfolgreicher zeigt, wenn man während oder kurz vor derselben den Trigeminus durchschneidet, indem es sich dann ereignen *kann*, dass der auf diese Weise gereizte Nerve so viel dünnflüssiges Secret dem Sympathicus-Speichel beimischt, dass nun die Fortbewegung des letztern bedeutend erleichtert wird, oder auch, weil zugleich die der Trigeminusreizung entsprechende Absonderung unter einem grössern Druck, als die der Reizung des Sympathicus entsprechende steht, und damit ein wirksamerer Druck für die Fortbewegung des zähen Sympathicus-Speichels hergestellt wird. Eben daher kommt es auch, dass die *erste* Sympathicusreizung sich *stets erfolgreich* zeigt, wie z. B. in der bereits angeführten Tabelle. Der dicke Sympathicus-Speichel treibt nämlich den normalen dünnflüssigen voraus, und dieser fliesst als vollkommner flüssig leichter aus. Fünftens rathe ich, wie ich schon oben that, sich bei der Reizung nicht der die Drüsenarterie umspinnenden Aestchen des sympathischen Geflechtes zur Reizung oder nur mit Vorsicht derselben zu bedienen, weil man schon bei ihrer Absonderung von dem Gefäss die Nerven reizt, und wenn man dann die Reizung mit dem Trigeminuszweig beginnt, möglicher Weise ein Secret erhalten *kann*, welches dem der darauf folgenden Sympathicusreizung entsprechenden nicht viel an Zähigkeit nachgibt. Sechstens endlich empfehle ich, den Trigeminuszweig nicht mit zu starken Inductionsschlägen zu behandeln. Da er nämlich im Hilus der Drüse sich geflechtartig mit den sympathischen Zweigen verbindet, so kann man leicht durch paradoxe Uebertragung ein Gemisch beider Speichelsorten erhalten. Nach allen diesen Erörterungen empfehle ich zur Darlegung des verschiedenen Einflusses beider

Nerven folgendermaassen zu verfahren. Man lege eine Kanüle von der oben angegebenen Weite in den ductus Whartonianus, reize den Drüsenzweig des Trigeminus und sammle sich eine zum Vergleich hinreichende Menge. Hierauf erst lege man den Vagus-Sympathicus-Stamm frei, reize auch ihn, und zwar seinem obersten Halsganglion möglichst nahe [1]), lasse die ersten Tropfen als Reste des Trigeminus-Speichels abfliessen, und beginne das Aufsammeln, sobald das Secret zähe zu werden anfängt. Man kann dann noch eine Trigeminusreizung folgen lassen und die Reste des zähen Sympathicus-Speichels noch aufsammeln, bis sich wieder der leichter flüssige des Trigeminus einstellt. Damit schliesse man in den meisten Fällen den überzeugenden Theil des Versuches ab. Es kann sich zwar ereignen, dass bei fortgesetzter Abwechslung der Reizung beider Nerven auch die entsprechenden Speichelsorten mit ihren charakteristischen Eigenschaften wieder erscheinen, wie ich das mehrmals bei öfterer Abwechslung beobachtet habe; es kann aber auch aus dem oben angegebenen Grunde das Gegentheil der Fall sein. Reizt man vollends beide Nerven bald abwechselnd, bald einzeln, so kann man nicht mehr mit voller Bestimmtheit sagen, welches der Erfolg sein muss; wohl aber findet man den eingetretenen nach den gemachten Bemerkungen verständlich. Ich theile in Folgendem noch eine Versuchsreihe mit, in welcher so verfahren wurde, und deren Resultate der Leser verständlich finden wird, obgleich sich darin Erfolge verzeichnet finden, die sich ohne die früheren Erörterungen kaum würden begreifen lassen.

No.	H.	M.	S.	Menge des Speichels in Grammen.	Bemerkungen.
I.	1 1	15 bis 16	0 0	0,762	Die beiden Nerven undurchschnitten, ohne Reizung.
II.	1	18 19	30 30	3,414	Reizung des Trigeminusastes, das Secret dünnflüssig.

[1]) Ob und welchen Einfluss eine Reizung der sympathischen Nervenbahnen an verschiedenen Stellen, bezüglich des Ganglions hat, habe ich noch nicht untersucht.

No.	H.	M.	S.	Menge des Speichels in Grammen.	Bemerkungen.
III.	1	19 20	45 45	1,095	Keine Reizung.
IV.	1	22 23	30 30	0,839	Reizung beider Nerven, das Secret sehr zähe.
V.	1	23 24	45 45	0,746	Reizung des Drüsenastes vom Lingualis, Secret sehr zähe.
VI.	1	26 27	45 15	1,292	Abermalige Reizung des Drüsenastes, das Secret dünnflüssig.
VII.	1	27	20 50	1,348	Keine Reizung.
VIII.	1	28 29	30 0	1,373	Reizung der beiden Nerven, Secret zähe werdend.
IX.	1	29 30	40 40	Ein kleiner Tropfen am Ende der Kanüle.	Keine Reizung.
X.	1	31 32	5 5	0,266	Vagus-Sympathicus-Reizung, zähes Secret.
XI.	1	32 33	40 40	0,419	Lingualis-Ast-Reizung, gelatinöses Secret.
XII.	1	35 36	30 30	1,885	Reizung desselben Astes, dünnflüssiges Secret.

Die Ergebnisse dieser Tabelle selbst sind aber folgendermaassen verständlich. Nr. I u. II. sind selbstverständlich. In Nr. IV. erscheint eine geringere Menge Secret, als in der Nr. III. für die gleiche Zeit, einmal, weil der hinzutretende zähe Sympathicus-Speichel die Fortbewegung hemmt, und sodann wegen der wahrscheinlichen Hemmungswirkung des Sympathicus auf den Trigeminus. In Nr. V. tritt keine der Trigeminus-Reizung entsprechende Speichelquantität aus der Kanüle aus, weil der noch rückständige von der Sympathicus-Reizung herrührende zähe Speichel als Bewegungshinderniss auftritt; vielleicht auch, weil die Absonderung selbst noch zum Theil unter der Nachwirkung des vorher gereizten Sympathicus steht. Nach Entleerung dieses zähen Secretes und vielleicht der jetzt ver-

schwundenen Nachwirkung wird in Nr. VI während gleicher Zeit wieder eine grössere Menge entleert. Bei Nr. VIII. fällt die im Vergleich zu Nr. IV. grössere Menge bei derselben Reizungsart auf. Abgesehen von der möglichen Ungleichartigkeit bei der Reizung und andern möglichen Umständen ist nicht zu übersehen, dass vor der Trigeminus-Sympathicus-Reizung Nr. VIII. die vorhergehende Trigeminus-Reizung länger angedauert hat. In Nr. X. bleibt die Menge bedeutend gegen alle anderen zurück. Der Grund davon ist, dass hier eine vagus-sympathicus-Reizung, welche an und für sich ein zähes Secret erzeugt, einer Trigeminus-sympathicusreizung folgt, durch welche ein weniger bewegliches Gemisch beider Speichelsorten in die Gänge eingetrieben worden war. In Nr. XI. bleibt die Reizung des Trigeminusastes aus demselben Grunde wie in Nr. V. erfolglos. Nr. XII. wiederholt Nr. VI.

Was nun die Wichtigkeit dieser Beobachtung anlangt, so ist sie eine zweifache. Erstens liefert sie meines Wissens *das erste Beispiel in der Experimentalphysiologie, dass durch die Wirkungen von Nerven nicht nur quantitative, sondern auch qualitative Aenderungen in einem Secretionshergang erzeugt werden können.* Für den Augenblick müssen wir jedoch diese Bedeutung noch mässigen, da wir noch nicht nähere Einsicht in den Hergang dieser Sache besitzen. Wir haben bisher von zwei Speichelsorten geredet, weil wir solche bei Reizung verschiedener Nerven schliesslich aus dem Ausführungsgang auffangen. Wie dies aber komme, darüber lassen sich verschiedene Hypothesen aussinnen, und die Wichtigkeit der neuen Erfahrung wird wesentlich bedingt sein durch die Erkenntniss ihrer Ursachen. Ich will einstweilen von hierher gehörigen Betrachtungen abstehen. Wenn meine Untersuchungen am Pferde vollendet sind, werde ich nähere Mittheilungen auch über diesen Gegenstand machen. Sodann gibt uns die neue Thatsache Veranlassung zu einer Reihe von Ueberlegungen, welche sich an die von Herrn Prof. Czermak aufgestellte Lehre knüpfen. Bekanntlich leitete dieser aus seinen Untersuchungen über die Einwirkung des gereizten Sympathicus und Trigeminus auf die Speichel-

secretion die Theorie ab, dass der erstere, als die Wirkung des letztern hemmend, ein neues und zwar interessantes Beispiel des sogenannten Hemmungsnervensystem bilde. Ohne Weiteres wird man aber nach dieser neuen Erfahrung zum mindesten jetzt soviel zugeben, dass, wenn bei einer gleichzeitigen Reizung des Sympathicus und Trigeminus weniger Speichel entleert wird, oder im Fall der Anwendung eines Manometers die Speichelsäule in demselben nicht entsprechend steigt, als wenn bloss eine Reizung des Trigeminus ausgeführt wird, nicht sofort mit Recht auf einen hemmenden Einfluss des gereizten Sympathicus auf den Trigeminus zu schliessen ist; vorausgesetzt natürlich, dass der Ausdruck Hemmung in dem bisher üblichen Sinne genommen wird, dass die Erregung des einen Nerven die des andern in der Weise beeinträchtige, dass die beiderseitigen Nervenwirkungen unmittelbar aufeinander oder in ihren Wirkungen auf die Moleküle des betreffenden Organs sich gegenseitig stören; denn wir werden die Möglichkeit zugeben müssen, dass beides ganz oder doch theilweise bedingt sein *könne* durch die unvollkommne Flüssigkeitsform des Sympathicus-Speichels, um so mehr, als wir in vielen Fällen beobachten, wie die Zähigkeit desselben die Ursache jener Erscheinungen zum Theil wirklich ist; indem, wie oben erwähnt wurde, in solchen sich der Gang blasenartig hinter der Einfügungsstelle der Kanüle erweitert. Andererseits würde man jedoch zu weit gehen, einen hemmenden Einfluss des Sympathicus zu bestreiten. Hierüber lässt sich definitiv erst dann aburtheilen, wenn man vollkommne Klarheit in die beschriebene Wirkung des Sympathicus hat. Da zwei verschiedene Nerven in die Drüse gehen, so kann man sich über deren mögliche Ausbreitung daselbst und ihre Function, so lange weitere Erfahrungen nicht vorliegen, sehr verschiedene Vorstellungen machen. Erstens können wir denken, dass jeder Nerve zu denselben kleinsten Theilchen der im Absonderungsprocesse betheiligten Mechanismen, der absondernden Flächen nämlich oder der Gefässe gehe, und jeder dieselben nach seiner Art anordne; denn da bei der Reizung eines jeden Nerven ein specifisch anderes Secret erscheint, so müssen die Moleküle der betreffenden Theile sich

dann den besondern Einflüssen eines jeden fügen. Man wird sich dann einfach vorstellen dürfen, dass bei einer gleichzeitigen Reizung beider Nerven ein Resultat zu Stande kommt, an dem beide einen ihren relativen Erregungen entsprechenden Antheil haben, eine Vorstellung, für welche wir dann den Ausdruck gebrauchen können, dass *jeder* von beiden Nerven die Wirkung des andern hemme. Aus subjectiven Gründen halte ich diese Annahme für die wahrscheinlichste. Ist dem so, so beziehen sich dann die hemmenden Wirkungen eines jeden Nerven auf den andern nicht blos auf das Quantitative, sondern auch das Qualitative der Erscheinung. Doch ist bei unserer gänzlichen Unkenntniss über diese molekulären Verhältnisse auch die, freilich höchst unwahrscheinliche, Möglichkeit anzudenten, dass die Moleküle sich dem Reize des einen Nerven viel leichter als dem des andern und vielleicht so unendlich viel leichter fügen, dass schon bei der geringsten Reizung desselben *jeder* Reiz des weitern unwirksam wird. Für diese Möglichkeit könnte dann mit Recht von der alleinigen hemmenden Wirkung des einen Nerven auf den andern gesprochen werden. Doch scheint für unsern Fall eine derartige Anordnung nicht zu bestehen, da bei gleichzeitiger Reizung beider Nerven ein Secret entleert wird, das, soweit man nach dem Anschein urtheilen kann, ein Gemisch beider Speichelsorten ist. Am wenigsten aber würde, wenn sie bestände, dieselbe so ausfallen, dass der Sympathicus allein Hemmungsnerv für den Trigeminus würde; denn man kann sich leicht davon überzeugen, wie man bei einer relativ schwachen Reizung des Sympathicus und einer stärkern des Trigeminus eine reichliche Flüssigkeit erhält, die so vorherrschend alle Eigenschaften des Trigeminusspeichels besitzt, dass kaum eine Spur der Sympathicus-Reizung beobachtet wird. Zweitens können möglicher Weise beide Nerven zu *verschiedenen*, von einander ganz unabhängigen Theilen der Drüse gehen. Dann kann die hemmende Wirkung des Sympathicus auf den Trigeminus nur darin bestehen, dass der zähe Sympathicusspeichel ein mechanisches Hinderniss für den Ausfluss des Trigeminusspeichels bildet. Endlich wäre es auch

denkbar, dass der Sympathicus auf irgend eine Weise die Beschaffenheit des Blutes ändere. Dann wäre es möglich, dass aus diesem unter Beihilfe des Trigeminus nicht in gleicher Zeit so viel und dasselbe Secret bereitet werde, als ohne diese Blutänderung, und es könnte dann gleichfalls von einer hemmenden Wirkung beider Nerven auf einander geredet werden. Diese und ähnliche Betrachtungen haben mich veranlasst, die endgiltige Entscheidung der Frage bis auf Weiteres hinauszuschieben; dagegen das Factum, *dass auf Reiz des Sympathicus eine specifisch andere und dem Volum nach geringere Menge von Speichel entleert wird, als auf eine solche des Trigeminus,* als gesichert zu betrachten.

Anmerkung. Soeben kommt mir das 1. Heft des Archiv's für Anatomie und Physiologie, herausgegeben von Reichert und du Bois-Reymond zu Gesicht, in welchem sich S. 40 ff. ein Aufsatz von Claude Bernard: „Ueber den Einfluss der beiden Nervengattungen, welche die Farbenveränderung des Venenblutes der drüsigen Organe bedingen", findet, in welchem nachgewiesen ist, dass Reizung des ramus glandularis nervi trigemini das Venenblut der glandula submaxillaris hellroth, dagegen eine solche des n. sympathicus dasselbe dunkel mache, und dass ebenso die erstere eine Beschleunigung, die letztere eine Verlangsamung des Capillarkreislaufs in der Drüse bewirke. Jedenfalls hängen diese Erfahrungen mit den meinigen zusammen, und man kann aus ihnen im Allgemeinen in der That schon begreifen, wie auf Reizung des Sympathicus eine geringere Menge und zugleich ein specifisch anderer Speichel entleert wird. Freilich reicht diese Erfahrung noch nicht aus, insofern weiter nach den Ursachen der Blutänderung zu fragen ist. Ebenso aber zeigen sie auch, wie sehr es gerechtfertigt war, der hypothetischen Auffassung unserer Thatsache den möglichst weiten Spielraum von Annahmen zu ertheilen.

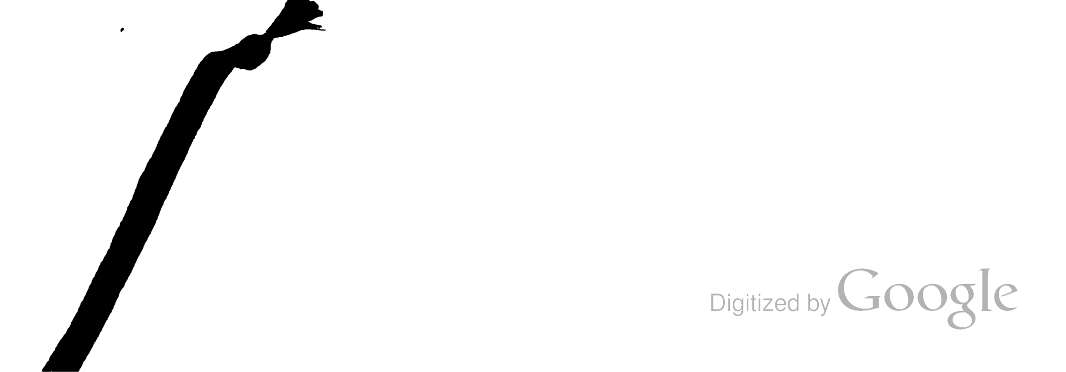
Erklärung der Abbildung auf Tafel I.

Die Abbildung auf Tafel I stellt die Verhältnisse der Organe in der Nähe der Glandula submaxillaris dar, wobei Kehlkopf nebst Zungenbein mit den dazu gehörigen Muskeln in die Höhe geschlagen sind; diese letztern Parthieen sind durch G bezeichnet, weiter bezeichnen:

- A Glandula submaxillaris;
- B Glandula sublingualis;
- C Ductus Whartonianus;
- D den durchschnittenen Unterkiefer;
- I die Zunge;
- M gemeinsamen Vagus- und Sympathicusstamm;
- bb' d. musculus digastricus, bei b durchschnitten;
- gg d. m. genioglossus;
- mh d. m. mylohyoideus;
- d ein vom nervus lingualis an den ductus Whartonianus gehender Zweig; nahe seiner Ursprungsstelle vom lingualis geht der nach A rückwärts verlaufende Drüsenast ab;
- h d. nerv. hypoglossus;
- m die Stelle, wo verdeckt von dem Gefässe das ganglion supremum sympathici liegt;
- m' die Nerven, welche von diesem Ganglion zur Gland. submax. gehen.



Taf. I.



Sechste Abhandlung.

Ueber den

Parotidenspeichel des Menschen.

Von

Leopold Ordenstein.

---

§. 1. Methoden, den reinen Parotidenspeichel des Menschen sich in hinlänglicher Menge zu verschaffen.

Die bisherigen genaueren Untersuchungen über Speichel überhaupt sowie über die einzelnen Speichelarten insbesondere sind fast alle an Thieren vorgenommen worden. Die Methode hierbei war, dass man theils durch Unterbinden der Speichelgänge sich das Mundsecret, theils durch Anlegen von Fisteln sich die verschiedenen Speichelsorten rein verschaffte. Bekanntlich ist diese Methode besonders von Bernard, Bidder und Schmidt angewandt worden. Bei Thieren ist dieselbe in hohem Grade anwendbar; höchstens könnte sie auf die Dauer einige Misslichkeiten bieten.

Beim Menschen konnte sie bisher nicht in ausgedehntem Maasse Anwendung finden, so dass auf die Eigenschaften der verschiedenen Speichelarten des letzteren nur durch Analogie geschlossen wurde. Hiervon machen bloss die an Speichelfisteln gewonnenen Erfahrungen eine Ausnahme. Diesem Mangel in der Physiologie theilweise abzuhelfen, empfahl mir Herr Professor Eckhard, eine ausführliche Untersuchung über den reinen Parotidenspeichel des Menschen vorzunehmen. Zunächst kam es darauf an, dieses Secret in hinlänglicher Menge zu jeder beliebigen Zeit rein zu erhalten. Herr Professor Eckhard bedient sich zu diesem Zwecke folgender Methode. Er führt vom Munde aus eine Canüle in den Stenon'schen Gang, dessen Ausmündungsstelle bekanntlich dem oberen zweiten Backzahn

gegenüberliegt. Die Einführung selbst hat durchaus keine Schwierigkeiten. Man wählt eine ohngefähr einen mm. dicke Canüle mit Mandrin, führt den letzteren ein, schiebt die Canüle nach und zieht dann den ersteren aus. Dabei ist es anzuempfehlen, den betreffenden Mundwinkel ein wenig nach aussen zu ziehen, wobei sich die kleine Biegung, welche der Gang bei seiner Einmündung macht, mehr grade streckt. Oft kömmt es vor, dass bei einem und demselben Individuum das Lumen der beiden Gänge ein ungleiches ist; man kann dann Canülen von verschiedener Weite wählen. Ferner geschieht es gewöhnlich, dass nach längerem Gebrauch der nämlichen Canüle der Gang sich ausdehnt und jene nicht mehr fest liegen bleibt; man kann dann eine weitere nehmen, hüte sich jedoch davor, Canülen zu wählen, welche den Gang über Gebühr ausdehnen, da hierdurch leicht Reizungen des Ausführungsganges, ja selbst leichte Entzündungen der Parotis entstehen können, wie ich das an mir selbst und noch einem anderen Individuum, das zu meinen Versuchen diente, erfahren habe. Ebenso ist das zu lange Gebrauchen eines und desselben Ganges zu vermeiden, widrigenfalls man Gefahr läuft, denselben Uebeln zu begegnen.

Man kann gegen diese Methode allerdings einwenden, dass sie sich zu quantitativen Bestimmungen wenig eigne, weil, da man die Canüle selbst nicht festbinden kann, man nicht sicher sei, dass aller Speichel durch die Canüle und kein Theil desselben neben ihr abfliesse. Wählt man indess die Canüle jedesmal so dick, dass bei ihrem Einführen sich der Gang hinlänglich ausdehnt, so dass sie durch die Elasticität seiner Wandung wirklich festgehalten wird, so ist nicht einzusehen, wesshalb der Speichel nicht sämmtlich durch die Canüle abfliessen sollte. Allerdings muss man bei quantitativen Bestimmungen aufmerksam verfahren.

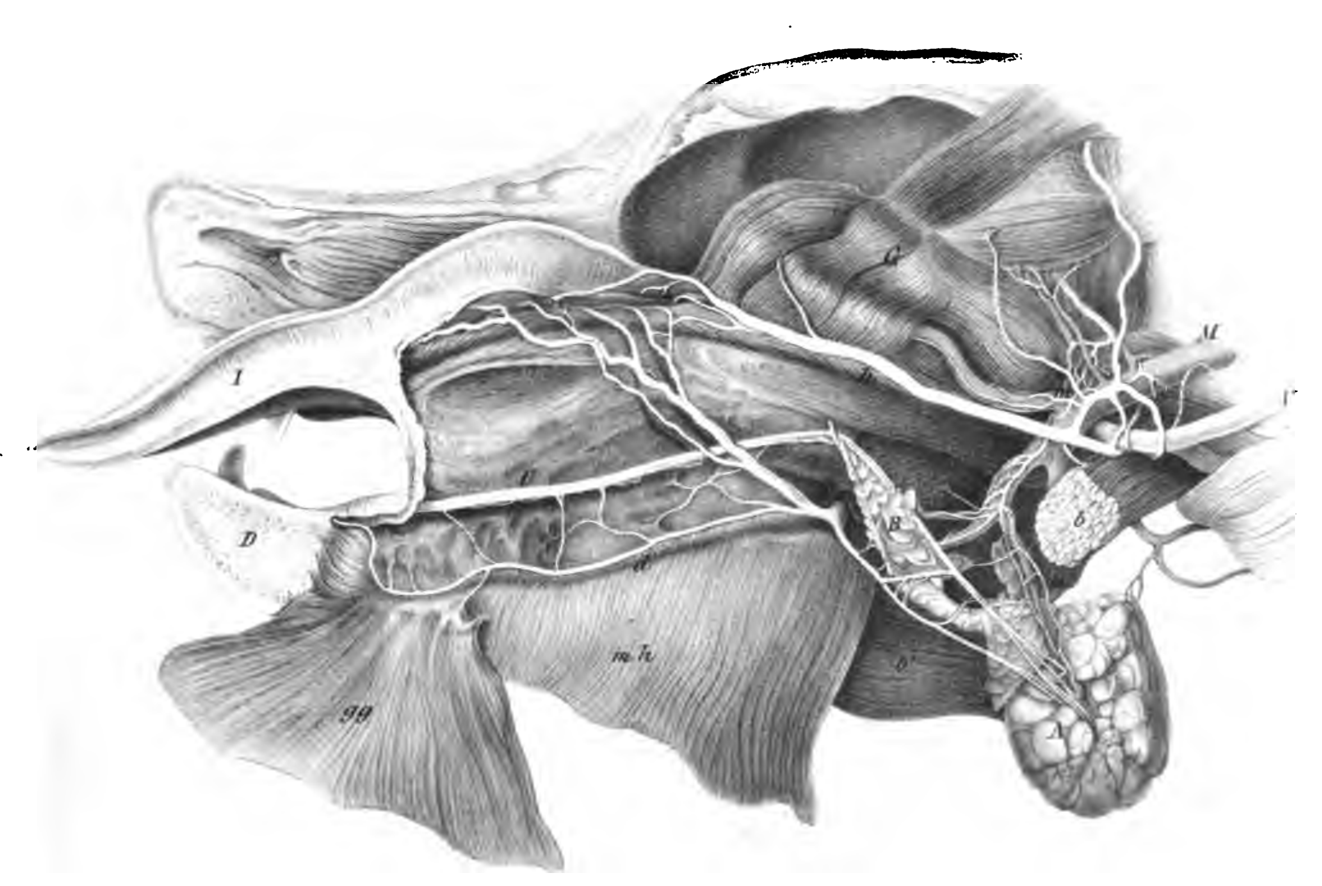
Zur Zeit des Druckes dieser Arbeit erfahre ich, dass früher Louis und Malgaigne [1]) versucht haben, diesen Gang behufs chirurgischer

[1]) Malgaigne, Traité d'anatomie chirurgicale, 2ième édition. Tome 1, pag. 783.

Zwecke zu sondiren. Dem ersteren ist es nicht gelungen, eine Sonde vom Munde aus in den Gang einzuführen. Malgaigne dagegen hat mittelst einer Anel'schen Sonde sich in einem Falle von Speichelfistel von der Obliteration des in die Mundhöhle sich inserirenden Stückes überzeugt. — Nach dem Einlegen der Canüle sieht man hinsichtlich des Speichelausflusses bei verschiedenen Personen ein verschiedenes Verhalten, auf das wir später zurückkommen werden. In der Regel ist die Menge Speichel, die eine Parotis ohne Zuhülfenahme besonderer Reize oder der Kaubewegungen absondert, gering, und man muss daher, um bedeutendere Mengen in kürzerer Zeit zu erhalten, zu Mitteln seine Zuflucht nehmen, welche den Ausfluss befördern. Zu diesem Zwecke benetzt man die Mundschleimhaut mit Essig, Zucker und anderen Mitteln, die auf reflectorischem Wege die Speichelsecretion einleiten. Als sehr zweckmässig erwies sich mir eine Mischung schwachen Essigs und Zuckerwassers, welche man mit einem Pinsel auf die Zunge aufstreicht. Auch die Bewegung der Kiefer nach Art der Kaubewegungen kann als Förderungsmittel benutzt werden. Der Speichel fliesst nach Anwendung dieser Mittel alsbald in rasch aufeinanderfolgenden Tropfen, unter günstigen Umständen sogar, wenigstens Anfangs, in einem continuirlichen Strome aus der Canüle heraus.

Auch kann man die Zunge electrisch reizen, um die Speichelsecretion sich vermehren zu sehen, wobei sich die Spitze als besonders zweckmässig zeigt; doch ist es nicht rathsam, für gewöhnlich dieses Mittel in Anwendung zu ziehen, da bei den nothwendigen Manipulationen in der Mundhöhle die Canüle leicht herausfällt. Am höchsten steht zwar die Secretionsmenge beim Kauen trockener, reizender Speisen, da hier die beiden Momente: Kaubewegung und Reizung auf reflectorischem Wege von der Mundschleimhaut aus sich combiniren; allein die Ausführung hat auf die Dauer manches Unangenehme, weil das zu untersuchende Individuum nicht immer kauen kann und die Canüle bei den ausgiebigen Kieferbewegungen leicht herausfällt.

Häufig beobachtete ich, dass bei der Berührung der Schleimhautpapille,



setzungen geschehen kann; denn nachweislich ist diese Secretion durch einen äusserst veränderlichen Factor, den Nerveneinfluss nämlich, bestimmt. Man kann sich daher allenfalls dahin einigen, unter normaler Secretionsgrösse der Parotis die Menge von Speichel zu verstehen, die in einer gegebenen Zeit unter Wegfall jeglichen Nerveneinflusses abgesondert wird. Der praktischen Bestimmung aber dieser Secretionsgrösse stellen sich zweierlei Hindernisse entgegen:

1. Es ist wegen der Langsamkeit der Absonderung selbst zu einer genaueren Bestimmung der Speichelmenge eine längere Zeit nothwendig, und während derselben können nachweislich nicht alle Nervenerregungen vermieden werden, da durch Bewegungen der Schlingwerkzeuge, der Zunge, ja in geringem Grade der Kiefer selbst auch Erregungen der Speicheldrüsennerven herbeigeführt werden.

2. Wir besitzen keine Gewissheit, dass während des Wegfalls jener Bewegungen, also während der Abwesenheit uns bekannter Nervenreize nicht doch die betreffenden Stellen im Gehirn, wo die Speichelnerven ihren physiologischen Ursprung nehmen, zu verschiedenen Zeiten sehr ungleich functioniren. Nichtsdestoweniger mag es von einigem Interesse sein, die Secretionsgrösse einiger Individuen unter den obigen Bedingungen festzusetzen. Zu diesem Ende theile ich die folgenden Versuche mit. Die abgesonderte Menge wurde in einem Gläschen aufgefangen, auf das ein kleiner, gläserner Trichter aufgesetzt war, um keinen Tropfen neben das Glas fallen zu lassen. Glas, Trichter und Inhalt wurden von Zeit zu Zeit gewogen. Da während des Auffangens immerhin eine kleine Menge verdunstet, so wurden, um grössere Fehlerquellen zu vermeiden, die betreffenden Individuen angehalten, die herabfallenden Tropfen immer auf dieselbe Stelle des Trichters fallen zu lassen, damit die verdunstende Fläche eine möglichst kleine wurde.

Die Resultate der ersten Tabelle wurden an einem 17jährigen, schwach entwickelten, unter ärmlichen Verhältnissen lebenden Individuum gewonnen, dessen Nahrung fast nur aus Vegetabilien bestand.

Die Grössenwerthe, die ich hier fand, sind ganz enorm und werden kaum annäherend weder von Speichelquantitäten derjenigen Personen, die ich späterhin genauer untersuchte, noch von solchen, die ich vorübergehend beobachtete, erreicht. Ich darf demnach nicht unerwähnt lassen, dass dieser Junge in seiner Jugend von einem Wagen überfahren wurde und dabei eine Kopfverletzung erlitt, so dass der Vermuthung Raum gegeben bleiben muss, dass hier Innervationsstörungen bestehen, obgleich der sonstige Gesundheitszustand hierfür keinen Anhaltspunkt bietet.

h. m.	Dauer des Versuchs.	Abgesonderte Menge. Gr.
6 - 5 7 - 5	1 Stunde	14,0
7 - 5 8 - 5	1 „	14,7
8 - 5 9 - 5	1 „	12,7
10 - 37 11 - 37	1 „	12,3
11 - 37 12 - 37	1 „	9,3
2 - 00 3 - 00	1 „	10,3
3 - 00 4 - 00	1 „	9,3

Das Mittel für eine Stunde beträgt demnach 11,8 Gr., ohne jegliche Reizung.

Die folgende rührt von einem 49jährigen, gesunden Arbeiter her, dessen Nahrung mehr eine gemischte war.

h. m.	Dauer des Versuchs.	Abgesonderte Menge. Gr.
7 - 20 8 - 20	1 Stunde	1,86
8 - 00 9 - 00	1 „	1,60

h. m.	Dauer des Versuchs.	Abgesonderte Menge. Gr.
9 10	1 Stunde	1,0
10 11	1 „	0,9
11 12	1 „	0,8
12 1	1 „	1,3
3 - 28 4 - 28	1 „	0.8
4 - 48 5 - 48	1 „	0,8
6 - 3 7 - 3	1 „	0,9

Das Mittel für die Stunde beträgt hier 1,1., ohne jegliche Reizung.

Die dritte Tabelle verdanke ich der Güte eines meiner Herrn Commilitonen, der während der Dauer der Versuche sich fast ausschliesslich von Animalien ernährte:

h.	Dauer des Versuchs.	Abgesonderte Menge. Gr.
8 9	1 Stunde	5,3
9 10	1 „	3,4
10 11	1 „	4,8
11 12	1 „	5,1
12 1	1 „	3,8

Das Mittel für die Stunde beträgt hier 4,5 Gr., ohne jegliche Reizung.

Die letzte Versuchsreihe rührt von einem 18jährigen, kräftigen Burschen her, dessen Nahrung zum grossen Theil eine vegetabilische war.

h. mm.	Dauer des Versuchs.	Abgesonderte Menge. Gr.
7 - 12 8 - 12	1 Stunde	1,3
8 - 12 9 - 12	1 „	0,9
9 - 12 10 - 12	1 „	1,0
11 - 30 12 - 30	1 „	0,9
12 - 30 1 - 30	1 „	1,2
1 - 30 2 - 30	1 „	0,7

Das Mittel für die Stunde beträgt hier 1 Gr., ohne jegliche Reizung.

Aus diesen Tabellen geht hervor, wie schwankend die im obigen Sinne genommene Absonderungsgrösse der Parotis bei den einzelnen Individuen ist und wie dieselbe zu gleicher Zeit in keinem abhängigen Verhältnisse zur Nahrung steht.

§. 3. Physikalische Eigenschaften des Parotidenspeichels.

Die Parotis sondert ein helles, klares, wässeriges, dünnflüssiges Secret ab. Das Mikroskop zeigt uns ausser wenigen Epithelialzellen keine Formelemente.

Reaction: Die bisherigen Angaben über die Reaction des Parotidenspeichels sind von verschiedenen Beobachtern in verschiedener Weise gemacht worden. So sagt Mitscherlich in seinen Untersuchungen über den Parotidenspeichel des Menschen, welche an einer Fistel des Stenons'chen Gangs gewonnen sind: „Der Speichel während des Essens und Trinkens

ist alkalisch, ausser dieser Zeit sauer [1])", und Bidder und Schmidt über die verschiedenen Mundsecrete im Allgemeinen: „Die alkalische Reaction tritt übrigens auch in diesen Flüssigkeiten auf's Entschiedenste hervor; ihre Bedingungen ergeben sich aus der Analyse der Speicheldrüsenproducte beim Hunde [2])."

Fasse ich meine Erfahrungen über diesen Gegenstand zusammen, so kann ich folgendes mit Bestimmtheit behaupten: *Im normalen Zustande reagirt der Parotidenspeichel stets alkalisch; nur im nüchternen Zustande wird regelmässig eine saure oder neutrale Reaction beobachtet. Die Einnahme von Nahrungsmitteln, deren wir uns für gewöhnlich bedienen, ändert nichts in diesem Verhalten.* Um diese Reaction des Speichels sicher festzustellen, habe ich zwei Reihen von Untersuchungen unternommen. In der ersten Reihe untersuchte ich den Parotidenspeichel bei fünf Individuen im Laufe des Tags mit Ausnahme des nüchternen Zustandes, nachdem sie die verschiedenartigste Nahrung zu sich genommen hatten; niemals erschien eine andere als alkalische Reaction. In der zweiten untersuchte ich eine Anzahl von Individuen im nüchternen Zustande. Im Anfang dieser Beobachtungen erhielt ich kein constantes Resultat. Der Speichel reagirte bald neutral, bald alkalisch, bald sauer. Im weiteren Verlauf entdeckte ich die Umstände, welche die saure Reaction des nüchternen Parotidenspeichels verdecken. Derselben begegnete ich nämlich nicht oder nur selten, sobald der zu Untersuchende vor der Beobachtung sich den Mund mit Wasser ausgespült hatte, sich stark räusperte, viel sprach, überhaupt Bedingungen erfüllte, die ein reichlicheres Austreten des Speichels in die Mundhöhle bewirkten. So gelang es mir bei dem oben zuerst erwähnten Individuum, bei dem die Secretionsmenge eine so hochstehende ist, nur schwierig, diese Thatsache zu constatiren. Dieses deutet an, dass stets nur die *ersten Mengen* des

---

[1]) Ueber den Speichel des Menschen von C. H. Mitscherlich, Poggendorff's Annalen, Band 27, pag. 344.

[2]) Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel, pag. 6.

nüchternen Speichels sauer sind. So ist es in der That, oft findet man des Morgens nur ein paar Tropfen sauer, während die nachfolgenden sogleich neutral oder alkalisch sind.

Man begreift jetzt auch wohl leicht die Schwierigkeiten, die sich mir bei dem oben erwähnten Knaben entgegenstellten, da ohne besondere Vorsichtsmassregeln bei der so reichlich abgesonderten Menge bis zur Untersuchung sicherlich schon die ersten Tropfen aus dem Gange in die Mundhöhle getreten waren.

Bezüglich der Versuche selbst habe ich noch zu bemerken, dass die Canüle, welche zum Einlegen in den Speichelgang diente, unmittelbar vor jedem Versuche mit destillirtem Wasser ausgewaschen wurde. Hiernach wird es denn auch sehr zweifelhaft, ob die gemeldete saure Reaction wirklich dem Speichel zukommt oder vielmehr einer Säurebildung auf der Schleimhaut des Stenon'schen Gangs zugeschrieben werden muss, eine Annahme, deren Begründung ich darin fand, dass auch die Schleimhaut des Mundes im nüchternen Zustande eine saure Reaction ergiebt, selbst dann, wenn man Abends vorher den Mund sorgfältig mit Wasser und Bürste gereinigt hat.

Die Grösse der Alkalicität des Speichels zu bestimmen, habe ich nicht gewagt. Die Kleinheit und Veränderlichkeit der Grössen, mit welchen man es hier zu thun haben wird und die daraus entspringenden Fehler haben mich vorerst davon abgeschreckt.

Specifisches Gewicht des Parotidenspeichels. Das specifische Gewicht des Parotidenspeichels ist unter den verschiedensten Verhältnissen wenig wandelbar. Entsprechend dieser Erfahrung wird man auch keine grossen Schwankungen in dem festen Rückstand des Speichels unter differenten Verhältnissen erwarten. Ich gebe zum Beweis eine Anzahl von Beispielen, die so gewählt sind, dass sie Speichelsorten repräsentiren, welche unter den verschiedensten Verhältnissen der Nahrung etc. gewonnen sind.

Speichel, genommen von dem zuerst genannten Knaben:

1) bei seiner gewöhnlichen Ernährungsweise:

Specifisches Gewicht.	Fester Rückstand, in 100 Theilen.
1,0037	5,02
1,0043	6,16
1,0039	5,88
1,0038	6,01
1,0041	5,92
1,0039	6,52

2) bei Fleischnahrung:

Specifisches Gewicht.	Fester Rückstand.
1,0039	6,12
1,0034	5,93
1,0041	6,09
1,0038	5,84
1,0034	6,02
1,0037	5,92

Speichel, genommen von dem oben erwähnten Herrn, bei der verschiedensten Ernährungsweise:

Specifisches Gewicht.	Fester Rückstand.
1,0035	5,93
1,0038	6,01
1,0041	5,98
1,0032	5,84
1,0031	5,71

§. 4. Chemische und physiologische Eigenschaften.

Beim Kochen trübt sich der menschliche Parotidenspeichel und verliert diese Trübung nicht auf Zusatz von Salpetersäure. Dieselbe Trübung erzeugen die gewöhnlichen starken Mineralsäuren und starker Alkohol.

Er enthält mithin eine *eiweissartige Materie*. Wie er sich gegen die von Bidder und Schmidt beim Hundeparotidenspeichel angewandten Reagentien verhält, geht aus folgender Tabelle hervor, in welcher ich das Verhalten des menschlichen und des Hundeparotidenspeichels nebeneinander gestellt habe.

Reagens.	Hundeparotidenspeichel.	Menschlicher Parotidenspeichel.
Salpetersäure	keine Trübung	Trübung
Salzsäure	" "	"
Schwefelsäure	" "	"
Essigsäure	unverändert	unverändert
Ammoniak	"	"
Eisenchlorid	rothe Färbung	rothe Färbung
Erwärmen	unbedeutendes Sediment.	Trübung

Das menschliche Parotidensecret vermag *in sehr kurzer Zeit Stärkemehl in Zucker umzuwandeln.*

Versetzt man eine Portion gekochten Amylums mit einigen Tropfen Speichel, lässt die Mischung nach gehörigem Umschütteln etwa eine Minute stehen, so erfolgt beim nachherigen Kochen mit Fehling'scher Lösung alsbald ein reicher, ziegelrother Niederschlag, den weder Speichel noch Kleister allein zu erzeugen vermögen.

Die physiologischen Lehrbücher erwähnen diesen Umstand nicht, und ich glaubte daher das Factum neu. Herr Professor Eckhard aber machte mich darauf aufmerksam, dass sich bei Bérard, Cours de Physiologie, Tome 2ième page 403 die folgende Notiz finde: M. Jarjavay m'ayant demandé, si je desirais, qu'on fît quelques expériences sur un individu qu'il traite, et qui est atteint de fistule du conduit de Stenone, je l'ai prié de faire rechercher si la salive recueillie par la fistule convertissait l'empois en dextrine et en glucose. L'expérience a été faite par M. Mialhe et elle ne lui a pas laissé le moindre doute à cet égard. M. Mialhe m'a

affirmé que ce liquide salivaire était doué d'un pouvoir saccharifiant, absolument semblable à celui de la salive mixte de l'homme, et que, comme la salive mixte, il renfermait de la diastase. —

Vielleicht hat man diese Beobachtung nicht für völlig erweisend gehalten, weil in diesem Fall der Parotidenspeichel nicht unter normalen Verhältnissen gewonnen war.

Vergleichen wir mit dem menschlichen Parotidensecret dasjenige des Hundes, so finden wir, dass das letztere, nach den Angaben von Bernard, Bidder und Schmidt jenes Vermögen nicht besitzt.

Kocht man Speichel oder erhitzt ihn nur bis gegen 56—57° R., so verliert er diese Fähigkeit. In gleicher Weise verliert er dieselbe nach Zusatz der gewöhnlichen Mineralsäuren und starken Alkohols, also nach denjenigen Proceduren, welche die eiweissartigen Körper coaguliren.

Setzt man dem gekochten und mit Fehling'scher Lösung vermischten Parotidenspeichel wieder normalen zu, so vermag auch dieses Gemenge das Kupferoxyd nicht mehr zu reduciren. Man könnte sich dadurch zu der Annahme verleitet fühlen, dass der einmal gekochte Speichel auch die Verdauungsfähigkeit des nachher hinzugefügten eliminire. Allein man kann sich leicht überzeugen, dass dem nicht so ist, sondern dass die Fehling'sche Kupferlösung das verdauende Princip vernichtet; denn setzt man einem gekochten Speichel normalen zu, mischt damit Stärkekleister und prüft nach Verlauf von 1—2 Minuten mit der Fehling'schen Lösung auf Zucker, so erhält man einen reichlichen, rothen Niederschlag.

Sehr lange bewahrt der, der atmosphärischen Luft ausgesetzte, Speichel seine verdauende Kraft, so dass mir eine während 8 Tage in einem offenen Gefäss aufbewahrte Quantität nach dieser Zeit mit derselben Raschheit, wie der normale Speichel, eine Reduction des Kupferoxyds ergab.

Um zu untersuchen, ob dem Parotidenspeichel noch etwaige andere Functionen, z. B. eine Einwirkung auf Proteinkörper, zukommen, habe ich noch eine Reihe von Versuchen analog denen, wie sie gewöhnlich mit Magenflüssigkeit angestellt werden, unternommen.

1. Wurde gekochter Leim mit Parotidenspeichel versetzt und das Gemenge in der Brütmaschine längere Zeit einer Temperatur von 30° ausgesetzt, um zu sehen, ob die Gerinnungsfähigkeit des ersteren aufgehoben würde.

2. Wurden Eiweissstückchen theils in reinem Speichel, theils in solchem, welcher mit Salzsäure vermischt war, demselben Verfahren unterworfen. Die Salzsäure war von einer solchen Concentration, wie sie gewöhnlich zu künstlichen Digestionsversuchen benutzt wird. In beiden Fällen war kein Verdauungseffect sichtbar. Die eiweissartige Materie des Speichels hat also in Verbindung mit Säuren nicht dieselben Eigenschaften, wie sie die eiweissartige Materie des Magensaftes in Verbindung mit jenen besitzt.

§. 5. Ueber den Einfluss von Flüssigkeitszufuhr auf die Secretionsmenge der Parotis.

Die Fragen, die uns hier beschäftigen, sind: Welchen Einfluss übt der veränderte Blutdruck auf die Absonderungsmenge der Ohrspeicheldrüse? Wird dieselbe durch Flüssigkeitszufuhr erhöht, durch Entziehnng herabgesetzt? Verändert die unter diesen verschiedenen Verhältnissen abgesonderte Flüssigkeit ihre physikalischen Eigenschaften, ihr specifisches Gewicht, ihren festen Rückstand etc.? Beim Beginn dieses Theils meiner Untersuchungen verfuhr ich einfach so, dass ich den Speichel mehrerer meiner Herrn Collegen, sowie den meinigen, vor und nach dem Genuss grösserer Quantitäten Bier auf seine Menge untersuchte. Setzte man momentan nach dem Genuss dieser Flüssigkeit die Canüle ein, so erfolgte für die ersten Secunden ein rascheres Auströpfeln des Speichels, eine Vermehrung, welche sicherlich nicht von der in's Blut übergetretenen Flüssigkeit abhängig war, sondern ganz gewiss ihre Bedingungen in der durch jene Flüssigkeit gesetzten reflectorischen Reizung und in den durch sie veranlassten heftigen Deglutitionsbewegungen fand. Wartete man jedoch mit dem Einsetzen der Canüle

einige Secunden, bis diese die Absonderung begünstigenden Momente vorüber waren, so war kein Effect sichtbar.

Herr Professor Eckhard rieth mir desshalb möglichst grosse Schwankungen zwischen Flüssigkeitsentziehung und Flüssigkeitszufuhr herbeizuführen, um etwa so einen Einfluss der veränderten Blutzusammensetzung zu beobachten. Die näheren Details der darauf hin angestellten Versuchsreihe, sowie das Resultat derselben werden uns aus den untenstehenden Tabellen und den nachfolgenden Betrachtungen ersichtlich werden. Ueber die Versuchsweise selbst sei im Allgemeinen nur folgendes gesagt. Um es zu leichterer Vermeidung etwaiger Fehler mit möglichst grossen Zahlen zu thun zu haben, wurde der schon mehrfach erwähnte Junge gewählt, da dessen Secretionsmenge diejenige aller anderen von mir untersuchten Individuen bei weitem übersteigt. Derselbe wurde unter möglichst gleichen äusseren Bedingungen gehalten, so Bewegungen ziemlich vermieden, das Kauen, Sprechen untersagt etc. und schliesslich wurde derselbe während der ganzen Versuchsdauer, welche etwa 27 Stunden anhielt, auf's genaueste von mir überwacht. Das Resultat der Versuchsreihe ist in folgender Tabelle enthalten:

	Zeit des Einlegens u. Herausnehmens der Canüle. h. mm.	Dauer des Versuchs	Abgesonderte Menge Gr.	Spec. Gew. bei 7,1° R.	Fester Rückstand	Abgesonderte Urinmenge	Nahrung	Besondere Bemerkungen
1.	12–43 1–43	1 Stde	15	1,0030	5,421	45 Cubikcentimeter um 12 h. 8 mm.	Um 12 h. 12 mm. Kartoffeln, Brod und Fleisch gegessen.	
2.	1–43 2–43	1 Stde	12,5	1,0035	5,644			
3.	2–43 3–43	1 Stde	11,1	1,0033	5,172	60 Cubikcentimeter um h. 3.		
4.	3–43 4–43	1 Stde	11,1	1,0032	5,332			

	Zeit des Einlegens u. Herausnehmens der Canüle.	Dauer des Versuchs	Abgesonderte Menge	Spec. Gew. bei 7,1° R.	Fester Rückstand	Abgesonderte Urinmenge	Nahrung	Besondere Bemerkungen.
	h. mm.			Gr.				
5.	4–43 5–43	1 Stde	10,6	1,0032	5,418			
6.	6–57 7–57	1 Stde	13,1	1,0032	5,418		Um 6 h. 15 mm. Brod u. Fleisch gegessen.	
7.	7–57 8–57	1 Stde	12,2	1,0033	5,581	81 Cubikcentimeter um 8 h. 15 mm.		
8.	8–57 10	1 Stde	12,1	1,0034	5,032			Die Canüle war herausgefallen. Unterbrechung: 3 Minuten.
9.	10 11– 9	1 Stde	7,3	1,0033	5,971	39 Cubikcentimeter um 10 h.		Die Canüle war herausgefallen. Unterbrechung: 9 mm.
10.	11 –9 12 –9	1 Stde	8,1	1,0032	5,971			
11.	12– 9 1– 9	1 Stde	8,4	1,0036	5,418			
12.	3–45 4–45	1 Stde	10,6	1,0036	5,418	67 Cubikcentimeter um 3 h.	Um h. 2. etwas Brod gegessen.	
13.	4–45 5–45	1 Stde	9,2	1,0038	6,337			
14.	5–45 6–45	1 Stde	9,0	1,0038	6,337	100 Cubikcentimeter um 6 h 30 mm.		

	Zeit des Einlegens u. Herausnehmens der Cantile	Dauer des Versuchs.	Abgesonderte Menge	Spec. Gew. bei 7,1° R.	Fester Rückstand	Abgesonderte Urinmenge	Nahrung	Besondere Bemerkungen
	h. mm.		Gr.					
15.	6–45 8– 3	1 Stde	14,5	1,0034	5,943			Die Cantile war zweimal herausgefallen. Unterbrechung: 18 mm.
16.	8– 3 9– 3	1 Stde	12,0	1,0035	6,032			
17.	9–24 10–25	1 Stde	11,0	1,0034	6,148		Um 9 h. 15 mm. Fleisch und Brod gegessen.	2 Minuten Unterbrechung.
18.	10–25 11–25	1 Stde	12,0	1,0036	5,806			
19.	11–49 12–59	1 Stde	14,4	1,0037	6,352	108 C. C. um 12 h. 80 mm.	Um 11 h. 45 mm. 500 Cub. C. und um 12 h. 4 mm. 700 C. C. Wasser getrunken.	Durch das Wassertrinken 10 Minuten Unterbrechung.
20.	12–59 2– 4	1 Stde	15	1,0034	6,086	296 C. C. um 1 h. 40 mm.		5 Minuten Unterbrechung.
21.	2– 8 3– 8	1 Stde	12,0	1,0033	6,129	190 C. C. um 2 h. 30 mm. 62 C. C. um 3 h.		

Zergliedern wir nun vorstehende Tabelle und sehen wir zuerst, wie der Bedingung, eine möglichst grosse Differenz zwischen Wasserentziehung und Wasserzufuhr zu bewirken, genügt wurde.

Nach 12 Uhr des Morgens wurde der Versuch begonnen und dem zu Untersuchenden bis zum anderen Morgen 11 h. 45 m., also während einer Dauer von fast 24 Stunden jede Flüssigkeit zum Trinken entzogen; ebenso bekam derselbe während der ganzen Versuchsdauer nur feste Nahrungsmittel zu geniessen, die aus Kartoffeln, Brod und Fleisch bestanden.

Nach Verlauf dieser Zeit wurden plötzlich 1200 C. C. Wasser eingenommen, eine Menge, von der sich annehmen liess, dass durch sie die Secretionsthätigkeit in allen den Drüsen erhöht werden würde, deren Secretion in beobachtbarem Grade von dem Wassergehalt des Blutes abhängig ist.

Welches war nun die Wirkung auf die Absonderungsgrösse der Parotis? Diese blieb unverändert; denn eine Höhe von 14,4 gr., die sie z. B. in den ersten Stunden nach der Einnahme des Wassers erreichte, hatte sie schon des Morgens zwischen 6—7 zur Zeit der fast grössten Wasserarmuth. Wenn auch in den ersten 2 Stunden nach der Flüssigkeitseinnahme die Absonderungsmenge eine etwas grössere ist, als in den letzten zwei der Wasserentziehung, so lässt sich dieser Unterschied sicherlich nicht auf Rechnung der eingenommenen Flüssigkeit setzen, da

1) die Differenz eine sehr geringe ist,

2) dieselben Grössen vorher bei Wasserarmuth zur Beobachtung gekommen sind,

3) sie noch durch andere Momente herbeigeführt sein kann, indem der bei der trockenen Mundschleimhaut durch das kalte Wasser gesetzte Reiz, sowie die vermehrten Deglutitionsbewegungen sicherlich eine Zunahme bedingen müssen,

4) die specifischen Gewichte und festen Rückstände der zwei verschiedenen Speichelsorten keine erhebliche Differenzen zeigen.

Ich will nicht unerwähnt lassen, dass Herr Professor Eckhard an demselben Individuum eine analoge Versuchsreihe während 30stündiger Wasserentziehung und nachheriger Einfuhr von 1300 C. C. Wasser ausgeführt hat, die genau dasselbe Resultat ergab, welches wir demnach so aussprechen können. *Die Secretionsgrösse der Parotis und die Beschaffenheit ihres Secretes ist innerhalb sehr weiter Grenzen unabhängig von dem Wassergehalte des Blutes*

Eine Erklärung für diese Erscheinungen wird uns, wenn wir die abgesonderte Urinmenge betrachten; denn diese, die während der 26stün-

digen Abstinenz 292 C. C. betrug, erhob sich in den 3 Stunden nach der Flüssigkeitseinnahme zu einer Höhe von 656 C. C. *Es treten demnach nach Flüssigkeitszufuhr andere secretorische Apparate, unter welchen die Nieren die vorzüglichsten, in so energische Thätigkeit, dass ein Effect auf die Parotidensecretion nicht sichtbar wird.*

Alle diese Erfahrungen stimmen mit einer Angabe Ludwig's (Lehrbuch der Physiologie 2. Band. S. 235 und 236.): „Auffallender Weise erleidet dagegen die Zusammensetzung des Speichels keine merkliche Veränderung durch eine beträchtliche Vermehrung der procentischen Menge des Blutwassers, welche man durch eine Einspritzung von Wasser in den Venen erreicht hat.“ —

Die obige Tabelle ist noch in der Hinsicht merkwürdig, dass alle während der Nachtstunden angestellten Beobachtungen eine auffallend geringere Speichelmenge ergeben als die zur Tageszeit angestellten. Ich finde darin eine Bestätigung der Annahme, dass während des Schlafs die secretorische Thätigkeit der Speicheldrüsen ruht, da während dieser Zeit keine Schluckbewegungen ausgeführt werden und der Speichel sich also in beträchtlicher Menge im Munde ansammeln müsste, was bekanntlich nicht stattfindet. Da bei diesen Beobachtungen das Hirn an vollkommenem Schlafe gehindert war, so erregte es zwar die Speichelnerven, aber in unvollkommener Weise.



Siebente Abhandlung.

Kritische Beleuchtung

der über die

Ursachen der Herzbewegung

bekannten Thatsachen.

Von

C. Eckhard.

Die Physiologen fangen jetzt an, sich über eine Anzahl von Thatsachen bezüglich der Ursachen der Herzbewegung zu einigen, doch ist der Ausdruck für einige hierher gehörige Erscheinungen keineswegs ein fester und vollendeter und noch mehr Differenz herrscht in der Deutung der bekannten Thatsachen. Es ist meine Absicht, durch die folgenden Betrachtungen einen Beitrag zur Abhilfe dieses Mangels zu liefern. Ich werde überall das Thatsächliche voranstellen und die Theorie folgen lassen.

A. *Ich beginne mit den Erscheinungen, welche beim Durchschneiden oder Unterbinden bestimmter Stellen des Vorhofes des Froschherzens beobachtet werden* und mache gerade sie zum Gegenstande einer besonders eingehenden Besprechung, weil gerade hier die Meinungen verschiedener Physiologen stark auseinander gehen. Um einem Jedem das Seine zukommen zu lassen, wiederhole ich die hierher gehörigen Thatsachen in historischer Reihenfolge.

1. Stannius [1]) meldet:

a) Wird genau diejenige Stelle, wo der Hohlvenensinus in den rechten Vorhof mündet unterbunden, so steht das ganze Herz im Zustand der Diastole still, nur der Sinus und die drei Hohlvenen pulsiren fort. Auch ist es ihm gelungen, zweimal dieses Resultat durch Quertheilung des Herzens an dieser Stelle zu erhalten.

b) Man gelangt zu ähnlichen Resultaten, wenn man die Unterbindung zwischen der eben genannten Stelle und dem Atrioventricularrand, diesen selbst jedoch vermeidend, vornimmt; indem dann die nach der Venenseite über den Schnitt hinausliegenden Theile fortpulsiren, die andern ruhen.

---

[1]) Müller's Archiv, 1852. S. 85.

c) Führt man die Ligatur an der eben erwähnten Grenze aus, so steht kein Theil des Herzens mehr still; es hört aber die Uebereinstimmung in Gleichzähligkeit und Gleichzeitigkeit zwischen den Pulsationen des Vorhofes und des Ventrikels auf.

d) Schnürt man durch zwei Ligaturen, von denen die eine an der Uebergangsstelle des Sinus in den Vorhof, die andere am Atrioventricularrande angebracht ist, ein Stück aus dem Herzen heraus, so findet bald Stillstand desselben statt, bald nicht.

2. Bidder [1]) übte statt der Ligatur die Methode der Schnitte aus und berichtet als wesentliches Resultat auf S. 167, dass ein in der die Vorkammer von der Kammer trennenden Furche ausgeführter Schnitt den Ventrikel zu regungsloser Ruhe verurtheile, während die andern Theile fortpulsirten.

3. Diesen Erfahrungen hat Heidenhain [2]) die folgenden zugefügt:

a) Der Stillstand, welcher durch die Stannius'schen Ligaturen erzeugt wird, ist kein dauernder, sondern macht einer neuen Bewegung des Ventrikels, je nach den Umständen, in kürzerer oder längerer Zeit Platz, der längste von ihm beobachtete Stillstand dauerte 25 Minuten.

b) Der Stillstand dauert im Allgemeinen um so länger, je näher die Ligatur dem Uebergang des Sinus venosus in den Vorhof angelegt wird.

4. Diesen Thatsachen und insbesondere den von Heidenhain erwähnten habe ich *nie ausdrücklich widersprochen.* Dass Herr Heidenhain aus dem Umstande, dass ich in meiner Notiz über die Ursachen der Herzbewegung seine Angaben nicht ausdrücklich erwähnt habe, den Schluss zieht, ich habe seine Angaben nicht bestätigen können, ist Willkühr von ihm. Er konnte sich allerdings darüber mancherlei Gedanken machen; für den von ihm ausgesprochenen aber lag so wenig ein bestimmter Beweis, als für eine andere Annahme vor. Mein wirklicher Grund war, dass ich glaubte, Herr

---

[1]) Müller's Archiv, 1852. S. 163.

[2]) Daselbst, 1858. S. 479 und in seiner 1854 erschienenen Inauguraldissertation.

Heidenhain habe wohl unzweifelhaft bei der Fortsetzung seiner Versuche und Ueberlegungen über diesen Gegenstand die Einsicht gewonnen, dass die von ihm aufgestellte Theorie nicht *alle* hierher gehörigen Thatsachen mit gleicher Ungezwungenheit umfasst; oder doch, dass er eingesehen habe, es liesse sich seiner Theorie eine andere mit demselben Gewicht der Gründe gegenüberstellen. Ich hielt es für überflüssig, durch Besprechung seiner Ansichten eine nutzlose Discussion zu eröffnen, wo ich nicht im Besitz von ganz entscheidenden Thatsachen war, solche aber auch nicht bei Herrn Heidenhain vorfand; und mir, Alles zusammengenommen schien, als ob ich der Gründe mehr für mich hätte. Um jedoch den Leser nicht im Zweifel zu lassen, welches *meine Erfahrungen* über die Quertheilung des Herzens sind, habe ich folgende Mittheilungen zu machen:

a) Ich habe *nie* Herzstillstand zu erzeugen versucht durch einen Schnitt, den ich über die Einmündungsstelle des Venensinus in den rechten Vorhof nach der Seite der Venen hin geführt hätte. Diese nichtssagende Bemerkung zwingt mir Herrn Heidenhain durch die Note in seinem neuesten Artikel über diese Angelegenheit ab, es sei *nicht recht klar,* nach *welcher* Seite hin über jene Einmündungsstelle nach mir der Schnitt geführt werden solle. Ich dachte, es würde dies jedem Leser klar sein; denn nicht allein experimentirte ich nach dem Vorbilde von Stannius und Bidder, sondern charakterisirte sogar den Schnitt mit den Worten, *dass bei ihm ein Theil der Ganglien in der Scheidewand der Vorhöfe unverletzt bleibe*, wozu Jeder nothwendig zu supponiren hat, dass ein anderer Theil durch den Schnitt entfernt werde, dieser selbst also die *Scheidewand* treffen muss und dass ich diese weder in dem Sinus, noch in den Venen gesucht haben kann.

b) *Ich habe für gewöhnlich nicht die Methode der Ligaturen, sondern die der Schnitte geübt.* Freilich sind *beide* Methoden mangelhafte Untersuchungsmittel, insofern man nämlich wegen der Contraction der Vorhöfe nie, weder eine Ligatur noch einen Schnitt genau an der jedesmal beabsichtigten Querlinie der Vorhöfe anbringen kann, folglich eine Wiederholung desselben Versuches nur in Bausch und Bogen möglich ist, und es daher

als ein reiner Zufall betrachtet werden muss, wenn die Erfolge zweier auf einander folgender Trennungen genau denselben Effect haben. Ich mag mich nicht mit der Bemerkung trösten, man könne nach dem Schnitt eine anatomische Untersuchung der Theile vornehmen und darnach sich die gleichen Fälle heraussuchen, weil die Wirkungen solcher mechanischer Eingriffe sich in nicht berechenbarer Weise auch noch auf nachbarliche Theile erstrecken.

Ich zog aber die Methode der Schnitte vor, weil, da die Wirkung der Ligatur sowohl als des Schnittes eine doppelte ist, *mechanische* Reizung einerseits und *Trennung* der Theile andererseits, der Schnitt mir vollkommner nur den einen Effect der Trennung herbeizuführen scheint, als die Ligatur, welche während der ganzen Dauer ihres Anliegens einen Druck und Zug nicht blos auf die unmittelbar umschnürten, sondern auch nachbarlichen Theile ausüben muss. Die Scheere habe ich dabei so scharf angewandt als möglich und stets durch einen einzigen, so rasch als möglich ausgeführten Schnitt die Theile entfernt. Ich erwähne diesen Umstand, weil Herr Heidenhain, auf die Differenz der Wirkung einer scharfen und stumpfen Scheere sich stützend, behauptet, bei Quertheilung der Vorhöfe stünde, alles Uebrige gleich gesetzt, nach dem Schnitte mit einer stumpfen Scheere, das Herz länger still, als nach Handtirung mit einer scharfen, und zwar desshalb, weil die erstere eine mehr *quetschende,* also eine mehr die Vagi erregende Wirkung ausübe, als letztere. Ich glaube, man kann, wenn besondere Gründe nicht hinzutreten, auch ebenso gut behaupten, dass die erstere bei der Quertheilung, als auf eine breitere Fläche wirkend, *mehr Theile zerstöre,* als die letztere und dass folglich, wenn die Erregung zur Bewegung von einer gewissen *Anzahl* von Ganglien abhängt, diese beim Gebrauch einer stumpfen Scheere caeteris paribus mit grösster Wahrscheinlichkeit wegfällt.

c) Alle meine Versuche sind ferner in der Art angestellt, dass die beobachteten Herzstücke in ein Uhrschälchen gelegt wurden, welches in einem Wasserdampfraume stand. Ueberdies stand das Gefäss, in welchem das Uhrschälchen mit Herz eingeschlossen war, in einem Wasserbade, so dass das Präparat einer messbaren, gleichmässigen Temperatur ausgesezt und

vor Luftzügen etc. sorgfältig geschützt war. Im Ganzen habe ich von neuem, behufs der Abfassung dieses Artikels, zwei differente Versuchsreihen ausgeführt. Die erstere umfasst Versuche, welche ich noch vor der Zeit anstellte, als mir von Wittich's [1]) Erfahrung über die Wirkung der Ganglien an der Atrioventricularklappe in die Hände kam. Ich will diese hier nicht ausführlich beschreiben, da, wie die spätern theoretischen Betrachtungen zeigen werden, man jetzt nach v. Wittich's Publication Ausstellungen daran machen könnte, die aus jener Entdeckung hergenommen sind und die ich, da ich damals gewisse Prüfungen an dem betreffenden Herztheile zu machen unterlassen habe, nicht zurückweisen kann. Die andere ist mit Berücksichtigung derselben im Anfang des Monats Mai dieses Jahres ausgeführt. Die letztere hat aber folgende Resultate geliefert. Man muss bei der Quertheilung des Herzens zwischen dem venösen Sinus und dem Atrioventricularrande im Allgemeinen auf folgende Erfolge je nach den Umständen gefasst sein: Entweder folgt dem Schnitte *gar kein* Stillstand, oder es folgt ihm ein solcher von *kürzerer Dauer,* worunter ich hier willkührlich die von einer bis zu zehn Minuten verstehen will, oder es stellt sich ein solcher von *längerer* Dauer, von 10 Minuten etwas bis gegen 1 Stunde, ein, oder der Ventrikel erwacht *nie* wieder aus seiner Diastole. Wenn man die Umstände zu erforschen sucht, von denen die Verschiedenheit der Erfolge abhängt, so ergiebt sich, dass dabei in Betracht kommt, die *Stelle,* wo der Schnitt ausgeführt wird, die *Temperatur,* in welcher das operirte Herz sich findet und endlich die grössere oder geringere *Empfindlichkeit* des Präparates selbst. Leider lassen sich diese Einflüsse im Experiment nicht bestimmt sondern und getrennt studiren. Die nicht voraus zu bestimmende Erregbarkeit des jeweiligen Herzmuskels und die Trennung der Vorhöfe an einer ganz bestimmten Stelle sind nicht in unserer Gewalt. Wenn wir auch noch so achtsam die letztere in einer bestimmten Linie

[1]) Königsberger med. Jahrbücher, I. Band 1. u. 2. Heft. S. 15.

auszuführen beabsichtigen, Nichts bürgt dafür, dass im Moment ihrer Ausführung durch die Zusammenziehung des Herzens eine andere Stelle unter unser Instrument geführt wird. Es gelten daher die folgenden Bemerkungen über den Einfluss jener Umstände nur ganz im Allgemeinen. Man pflegt gar keinen, oder einen nur kaum bemerkenswerthen Stillstand des Ventrikels zu erhalten, wenn man einerseits in die Uebergangsstelle des venösen Sinus selbst schneidet, oder ihr doch sehr nahe kommt; andererseits, wenn man das Herz gerade in der Furche trennt, welche Vorhöfe und Ventrikel trennt. Wer die Versuche selbst ausführt, wird indess wahrscheinlich bald anfangen, den zweiten Theil der Behauptung zu bezweifeln. In der That, nicht selten haben zwei Schnitte, die man äusserlich genau an derselben, eben bezeichneten Stelle zu führen glaubt, nicht den gemeldeten, sondern einen andern Erfolg: entweder folgt unmittelbar Stillstand, was verhältnissmässig selten ist, oder es folgt dem Schnitt noch eine geringere Anzahl, 1—7 Schläge, worauf dann Ruhe folgt. Es muss daher das Resultat von den Wirkungen abhängen, welche der Schnitt im Innern des Herzen erzeugt. Ich habe versucht, mich durch eine dem Schnitt folgende anatomische Untersuchung darüber zu belehren, wie der Schnitt im Allgemeinen geführt sein müsse, wenn ihm kein Stillstand, sondern Bewegung auf längere Zeit folgen solle. Im Allgemeinen ergab sich, dass er die Atrioventricularganglien selbst getroffen, oder ihnen so nahe gekommen war, dass man sich in Verlegenheit befand, wenn man erklären sollte, ob ein Theil ihrer Ganglien entfernt sei, oder nicht. Bei Besprechung der reflectorischen Bewegungen des Herzens werde ich einen Versuch anführen, der mit dieser Erfahrung in Uebereinstimmung ist. Die eine gewisse Zeit andauernden Stillstände des Ventrikels erhält man, wenn man die Schnitte entfernter von den beiden so eben bezeichneten verhängnissvollen Stellen, doch nicht zu nahe dem Atrioventricularrande anlegt. Gewöhnlich sind derartige Fälle dadurch charakterisirt, dass mit der Vollendung des Schnittes der Ventrikel sofort, oder doch höchstens nach 1—2 Schlägen in Diastole verfällt. Die längste Dauer der Ruhe

wird gewonnen, wenn man möglichst nahe der Atrioventriculargrenze geht [1]). Sie fällt natürlicher Weise um so länger aus, je unempfindlicher das Präparat ist, je sicherer man es vor äussern reizenden Einflüssen schützt und wie es mir hat scheinen wollen, je weniger die Temperatur nach irgend einer Seite hin beträchtlich ist. Bei meinen letzten Versuchen hatte das Wasserbad eine Temperatur von 5—8° R. Begreiflicher Weise kann ich aber, entsprechend den eben gemachten Bemerkungen, nicht angeben, ob dieser Umstand eine wesentliche und unerlässliche Bedingung zur Erzeugung lange dauernder Stillstände ist, da eben, um es zu wiederholen, Niemand die Garantie übernehmen kann, in auf einander folgenden Versuchen die Schnitte an absolut gleichen Stellen und mit Destruction derselben Theile zu führen. Gewöhnlich, doch nicht immer, verkündigt sich ein lang dauernder oder nie zur Thätigkeit erwachender Stillstand dadurch im Voraus an, dass dem dicht an dem Atrioventricularrande ausgeführten Schnitte eine beschränkte Anzahl 4—8 Contractionen des Ventrikels folgen, worauf dann derselbe der diastolischen Ruhe verfällt. Da diese Erfahrungen von werthvollem Einfluss für die Theorie sind, so habe ich ihnen noch dadurch eine grössere Beweiskraft zu geben versucht, dass ich gleichzeitig mit dem Ventrikel auch die abgeschnittenen Vorhöfe in jenem Uhrschälchen in derselben Temperatur aufbewahrte. Sie schlugen langsamer, als in der höher temperirten Umgebung, aber deutlich wahrnehmbar gegen 5 Stunden nach dem Schnitte fort. Von den zahlreichen von mir angestellten Versuchen hebe ich die folgenden, welche meistens das dritte Resultat gaben, zur ausführlichen Mittheilung heraus:

1) An einem Herzen wurde der Schnitt dicht am Artrioventricularrande ausgeführt um:

---

[1]) Herr Heidenhain behauptet im Gegentheil, dass der Stillstand um so bedeutsamer werde, je näher man dem Sinus komme. Man vergleiche aber seine auf S. 484. l. c. mitgetheilten Versuche und insbesondere die sub III, IV und V erwähnten.

10 h 35′ 0″. Es erfolgte sofort Stillstand bis
11 „ 43′ 0″, dann gebrauchte das Herz die Zeit bis
11 „ 45′ 0″ zur Ausführung von 8 Schlägen, um von neuem in Diastole zu verfallen bis
1 „ 26′ 0″, zu welcher Zeit es sich gegen äussere Reize nur noch sehr schwach reizbar zeigte. Die anatomische Untersuchung ergab eine deutliche doppelte Oeffnung am Schnittrande des Ventrikels und das noch Vorhandensein der Atrioventricularganglien. Temperatur während des Versuches 14,0—14,8 R.

2) An einem Herzen wurde wie zuvor der Schnitt geführt um
6 h 50′ 30″. Das Herz führte in der Zeit bis
6 „ 51′ 20″ 8 Schläge aus. Man bringt es in eine Temperatur des Wasserbades von 8,8 R. gleichzeitig mit den abgeschnittenen Vorhoftheilen. Um 10 Uhr schlagen die letzteren noch fort, während der Ventrikel bis zu dieser Zeit geruht hat und sich jetzt auf die Anwendung von Reizen nur noch sehr schwach zusammenzieht. Die anatomische Untersuchung ergab das Resultat des vorigen Versuches.

3) Der Schnitt wird wie zuvor geführt um
10 h 15′ 0″; der Ventrikel gebraucht die Zeit bis
10 „ 16′ 20″ zur Ausführung von 9 Schlägen, worauf er in Diastole verfällt bis
11 „ 0′ 0″, zu welcher Zeit er schwache Pulsationen in Pausen von $^3/_4$ Minuten beginnt, die sich allmählig bis zu zwei Minuten verlängern. Die Beobachtung wird nicht weiter fortgesetzt. Die anatomische Untersuchung fand mit demselben Resultat, wie in den vorigen Fällen statt. Temp. des Versuches 8,8 R.

4) Der Schnitt wurde wie früher geführt um
12 h 47′ 25″. Bei der Zimmertemp. 13° R. stand das Herz augenblicklich still. Um

12 h 47′ 35″ wurde es in eine Temperatur von 5,7 R. gebracht, in welcher es schlug um:
12 „ 47′ 55″
12 „ 48′ 30″
12 „ 49′ 15″. Dann trat Stillstand ein bis
1 „ 46′ 15″, zu welcher Zeit es wieder anfing zu schlagen.
Die Beobachtung wurde hier unterbrochen. Während der genannten Zeit schwankte die Temp. des Wasserbades zwischen 5,2 u. 7° R. Die getrennten Vorhofstheile, welche den Ventrikel in den genannten Temperaturen begleiteten, hatten nie aufgehört zu schlagen, obschon sie selbstverständlich in der kalten Temp. langsamer schlugen. Die nachfolgende anatomische Untersuchung hatte das frühere Resultat.

5) Schnitt wie in den vorigen Fällen, ausgeführt um
10 h 56′ 45″ bei einer Zimmertemperatur von 12° R. Nach dem Durchschneiden macht der Ventrikel noch 4 Schläge. Um
10 „ 57′ 20″ bringt man ihn in eine Temp. von 4,8 R., in welcher er um
10 „ 57′ 30″ eine Pulsation ausführt, dann aber in Diastole verfällt, welche um
12 „ 0′ 0″ noch nicht unterbrochen worden war, als man die continuirliche Beobachtung des Ventrikels unterbrach Die abgeschnittenen Vorhofstheile schlugen bei denselben Temperaturen continuirlich fort; um 12 h 45′ als man sie zum letztenmale beobachtete, hatten sie noch nicht aufgehört zu schlagen. Auch hier fand die anatomische Untersuchung nachträglich statt. Die Artrioventricularganglien waren noch anwesend.

6) Trennung der Theile wie in den vorhergehenden Versuchen, um
9 h 36′ 45″; bei der Zimmertemp. führt der Ventrikel nach dem Schnitt noch 5 Schläge aus, wovon er den letzten um
9 „ 37′ 0″ vollendet. Um

9 h 37′ 10″ bringt man ihn in eine Temperatur von 8,5 R., welche bis

10 „ 42′ 0″, während welcher der Ventrikel noch nicht wieder geschlagen hat, bis zu 5,5 sinkt.

Zu dieser Zeit wurde der Versuch unterbrochen, die abgeschnittenen Vorhöfe pulsirten in den genannten Temperaturen um diese Zeit noch fort. Die anatomische Untersuchung zeigt noch die Anwesenheit der Atrioventricularganglien.

7) Trennung wie vorher, um

6 h 43′; nach dem Schnitt einige Schläge bis um

6 „ 44′ der Stillstand eintritt; dann wird das Herz in eine Temperatur von 9,2 gebracht; um

6 „ 48′ führt es eine Pulsation aus, der aber bis um

9 „ 0′ noch keine andere gefolgt ist. Zu dieser Zeit antwortete es nur noch sehr schwach auf Reize. Anatomische Untersuchung wie voher.

8) Schnitt wie in allen früheren Fällen, ausgeführt um

11 h 3′ 25″ bei einer Zimmertemperatur von 13,1° R. Dem Schnitt folgt unmittelbar Ventrikelzusammenziehung, so dass bis

11 „ 3′ 59″ 18 Schläge gemacht werden; um

11 „ 4′ 20″ bringtman es in eine Temperatur von 7,5—8° C., in welcher es in den folgenden Zeiten jedesmal eine Pulsation ausführt:

11 „ 4′ 30″	9″
37″	16″
44″	22″
49″	29″
53″	35″
59″	41″
5′ 4″	49″,

dann plötzlich still steht, bis
12 h 6', auf Reize sich noch zusammenzieht und dann in die Zimmertemperatur 14,5° gebracht von
12 „ 8' in Zwischenräumen von c. 20 Sec. wieder anfängt zu schlagen.

9) Quertheilung des Herzens wie vorher, um
10 h 22' 20"; nach dem Schnitt zwei Schläge bei der Zimmertemperatur 13° R.; um
10 „ 22' 40", bis wohin es ruhig geblieben war, bringt man es in eine Temperatur von 7° C., in welcher es Pulsationen ausführt um

10 „ 23' 40"	26' 50"
24' 20"	27' 50"
55"	29' 5"
25' 30"	30' 40"
26' 5"	23' 6".

Die Temperatur war während dieser Zeit bis auf 5,5 C., im Wasser gesunken.

Es bleibt dann ruhig, bis
11 h 23' 0", während welcher Zeit die Temperatur wieder bis 7,0 C. gestiegen war, machte dann 4 Schläge in Zwischenräumen von 10 Sec., stand dann still von
11 „ 23' 42" bis
11 „ 24' 40", um neuen Pulsationen Platz zu machen.

Es bedarf wohl kaum noch der besondern Bemerkung, dass ich bei Anlegung des Schnittes an andern, als an der erwähnten Stelle die mannigfachsten Variationen je nach den gerade herrschenden Umständen bezüglich der Dauer des Stillstandes und Unterbrechung desselben beobachtet habe. Zu all diesen Erfahrungen habe ich noch hinzuzufügen, dass stets Wieder-

erwachung des Herzens stattfindet, falls noch bedeutende Vorhofsreste am Ventrikel vorhanden sind.

5) Im Wesentlichen in derselben Weise ist endlich auch von von Betzhold [1]) experimentirt worden. Von seinen Mittheilungen interessiren uns die folgenden Angaben:

a) Durch Unterbindung und rasche Scheerenschnitte an der Uebergangsstelle des Sinus in den Vorhof erhielt er augenblicklichen Herzstillstand, der nach ihm 5—10 Minuten andauert. Gegen diese Angabe ist insofern Nichts einzuwenden, als sie richtig ist; aber es ist hier nicht den verschiedenen Erfahrungen in der Weise Rechnung getragen, dass die Schnittstelle so verschieden gewählt wird, wie meine Vorgänger und ich gethan haben.

b) Man kann den Rhythmus des Herzens ändern, indem man vom Venenende des Sinus anfangend diesen theilweise durch Scheerenschnitte entfernt.

c) Uebereinstimmend mit andern Beobachtungen und auch den meinen, meldet er gleichfalls den Umstand, dass beim Abschneiden des diastolischen Ventrikels in der Actrioventricularfurche jener wieder anfange zu pulsiren.

d) Schneidet man, während das Herz in Diastole still steht, den Ventrikel quer in der Mitte durch, so dass die beiden von Bidder und Ludwig beschriebenen Ganglien mit dem Vorhof in Verbindung bleiben, so gelingt es in den meisten Fällen, eine regelmässige rhythmische Pulsation des obern Stückes wieder einzuleiten, wobei meist der Ventrikularrand jede einzelne Pulsation beginnt und dem Vorhofe nachfolgt.

---

[1]) Zur Physiologie der Herzbewegung; Virchow's Archiv, Bd. 14, S. 282.

Ich komme nun zur Betrachtung der theoretischen Auffassung dieser Erscheinungen. Auch diese hat bereits ihre Geschichte. Stannius beschränkt sich wesentlich auf die Mittheilung des Thatsächlichen, nur auf S. 84. l. c. deutet er eine theoretische Vorstellung zwar an, spricht sich aber keineswegs deutlich aus. Bidder hat ausdrücklich den fraglichen Herzstillstand auf die Entfernung des in der Nähe des Hohlvenensinus und sämmtlicher in der Scheidewand liegenden Ganglien bezogen, in welcher Meinung ich ihm mit einer unwesentlichen Modification gefolgt bin. Heidenhain dagegen vertritt wesentlich die Meinung, das Herz stehe in Folge der durch die Unterbindung oder Durchschneidung gesetzten mechanischen *Vaguserregung* still. v. Betzhold stellt eine Theorie der Ursachen der Herzbewegungen auf, die mit der von Bidder zuerst ersonnenen, wenigstens was die Ursache der automatischen Erregung betrifft, eine gewisse Verwandtschaft besitzt. Wir wollen aber ihre nähere Darlegung und Prüfung weiter unten vornehmen. Jetzt soll es vielmehr meine Aufgabe sein, die Bidder'sche Theorie über die Ursache der spontanen Herzbewegung gegenüber den Einwendungen, welche Herr Heidenhain in einem gegen mich gerichteten Artikel vorgebracht hat, näher zu betrachten. An die über die Ursachen der Herzbewegung aufzustellende Theorie mache ich hier wie überall die Ansprüche, dass sie alle Einzelheiten der Erscheinung mit gleicher Leichtigkeit umfasse; jede andere, welche dieser Anforderung nicht entspricht, fungirt, so lange nicht neues experimentelles oder sonstiges Material hinzukommt, was ihr ein entscheidendes Uebergewicht verleiht, in zweiter Ordnung. Ich beginne mit einer Vorbemerkung über die Unterscheidung von *automatisch* und *reflectorisch* wirkenden Centralorganen. Jeder Physiologe wird wohl darüber im Klaren sein, dass diese Bezeichnung nur ein bequemes Hilfsmittel sein soll, in dem gewöhnlichen Verkehr über physiologische Erscheinungen, wie sie sich zunächst unsern Sinnen aufdrängen, festzuhalten und bequem zu bezeichnen, nicht aber, dass damit zugleich die Behauptung zu verbinden sei, beide Begriffe schlössen sich gegenseitig absolut aus. Für die Wirkungen nervöser Centralorgane müssen gewisse in ihnen liegende Bewegungsursachen vorhanden sein und diese

selbst können schliesslich wieder nur das Resultat *ausserhalb* derselben liegender sein (sollte man selbst zur Rechtfertigung dieser Meinung bis zu den von aussen an sie herantretenden Ernährungsmitteln zurückgehen müssen), wie zahlreich auch die Kette Bewegung erzeugender Ursachen und ihrer Folgen zwischen den Endgliedern sein mag. Wenn sich die Physiologie keine nähere Rechenschaft über die wirksamen Ursachen geben kann, höchstens dieselben nur an allgemeine Bedingungen, wie Existenz des Kreislaufs, oder normale thierische Wärme gebunden sieht, ohne angeben zu können, welche Bewegungsursachen durch diese Bedingungen hergestellt werden müssen, um die Arbeit der Centralorgane zu ermöglichen; dann nennt sie solche nervösen Centralorgane *automatisch* wirkende. Tritt aber unter Mitwirkung eines Centralorganes eine Bewegung so auf, dass wir sie als eine unmittelbare und gesetzlich wiederkehrende, wenn auch nur rein äusserliche Folge von uns absichtlich eingeführten Bewegungsursachen erkennen, dann nennen wir sie *reflectorische*. Eine schärfere Bestimmung und Unterscheidung beider Begriffe kann die Physiologie gegenwärtig nicht geben. Was sie in dieser Angelegenheit zu leisten hat: Zurückführung der jetzigen reflectorischen und automatischen Bewegungsformen auf bestimmter definirbare Ursachen und damit Herstellung wissenschaftlicher Definitionen jener, liegt noch in weiter Ferne[1]). So lange diese Erkenntniss noch nicht erworben ist wird sich Niemand wundern, weder über den Conflict, in den man gelegentlich bei der Unterscheidung, ob eine vorgelegte Bewegung reflectorisch oder automatisch sei, kommt; noch über die Thatsache, dass man automatische und reflectorische Centralorgane unter Umständen Wirkungen ausüben sieht, welche ihren Begriffen, so wie wir sie gegenwärtig besitzen, nicht ganz entsprechen. Wir werden gemäss unsern unvollkommenen Einsichten nichts Wunder-

---

[1]) Man vergl. hierzu einen Versuch, die Ursachen der spontanen Herzbewegung näher zu definiren in: medical times and gazette, July to Dez. 1857. On the cause of the rhytmic motion of the heart, page 79 ff. by J. Paget.

bares darin finden, dass ein sogenanntes automatisches Centralorgan auch einmal auf einen *äussern*, absichtlich von uns eingeführten Reiz antworten kann, und dass es sich ebenso auch andererseits ereignen kann, dass wir reflectorische Centralorgane in Thätigkeit verfallen sehen, wenn äussere Reize scheinbar mangeln. Ich glaube nicht, dass je ein Physiologe diese Verhältnisse anders aufgefasst hat, es sei denn, dass er im Besitze noch nicht publicirter Untersuchungen sei, die ihn in den Stand setzen, eine schärfere Unterscheidung zwischen jenen beiden Bewegungsarten zu geben. Ich glaube dies um so mehr, als erfahrungsgemäss die den Physiologen bekannten automatisch wirkenden Centralorgane, zum Theil wenigstens auch als reflectorisch wirkende bekannt sind; desshalb finde ich auch keinen besonders neuen Gedanken in der Erklärung des Herrn Heidenhain S. 487, dass er glaube beide Ganglienarten im Herzen seien im Stande sowohl reflectorisch als automatisch zu wirken. Ich gestehe aber gern zu, dass er für das Herz dies ausdrücklich zuerst bemerkt hat. Bezüglich nun der spontanen Herzbewegung habe ich folgende ursprünglich Bidder angehörende und nur unwesentlich von mir modificirte Vorstellung ausgesprochen. Der Uebergang des Hohlvenensinus in den rechten Vorhof und die nächst gelegenen, aber in ihren Grenzen wegen der Kleinheit des Froschherzens nicht scharf bestimmbaren Theile sind der Heerd, wo die automatisch wirkenden Kräfte für die normale Herzbewegung, sowohl die des Vorhofs als die des Ventrikels, entwickelt werden, d. h. also gemäss des wenig scharfen Begriffes, „automatisch" und der vorher getroffenen Uebereinkunft, derjenige Heerd, wo im Hergang des gewöhnlichen Lebens für uns versteckte und unbekannte Lebensursachen auftreten, deren letzte beobachtbare Erscheinung die Zusammenziehung der Herztheile in der bekannten zeitlichen Reihenfolge ist. — Diese Lehre leitet sich aus folgenden Erfahrungen und Betrachtungen ab:

I. Im Hergang des gesunden Lebens folgt eine Ventrikelzusammenziehung jedesmal auf eine Vorhofzusammenziehung und diese selbst jedesmal einer Sinuszusammenziehung. Geben wir einstweilen in Gedanken

18*

zu, von Vorhof und Ventrikel besässe jeder seine ihm eigenthümlichen automatischen Erregungsorgane, so lässt sich zum mindesten nicht die Superiorität der in der Gegend des Sinus lokalisirter Kräfte über die andern verkennen, indem eben jede Zusammenziehung des *Sinus* Veranlassung zu der bekannten *Reihenfolge* jener Zusammenziehungen wird. Man kann diese Schlussfolge nicht durch die Bemerkung ungiltig machen, es könne ebenso gut das Gegentheil behauptet werden: die Zusammenziehung des Ventrikels sei die Veranlassung zu der nachfolgenden des Sinus etc.; denn während die Zusammenziehungen: Sinus, Vorhof, Ventrikel zeitlich unmittelbar in einander überfliessen, bleibt in der Reihenfolge: Ventrikel, Sinus, Vorhof zwischen den beiden ersten ein durch keine Zusammenziehung ausgefülltes Zeitmoment. Hiermit in Uebereinstimmung ist der Umstand, dass bei der durch Vagusreizung erzeugten diastolischen Ruhe diese stets in der Weise erhalten wird, dass erst der Vorhof ruht und dann der Ventrikel folgt und nicht die umgekehrte Ordnung stattfindet. Schlägt bei einer solchen Reizung der Vorhof noch einmal, so folgt auch stets noch eine Pulsation des Ventrikels nach und es gelingt nicht, mit dem Schluss der reizenden Vorrichtungen zur Zeit des Beginnes der Zusammenziehung des Ventrikels diesen selbst zur Ruhe zu zwingen. Ich hoffe nicht, dass man hiermit die früher von mir bekannt gemachte Thatsache [1]) in Widerspruch finden wird, wornach bei Reizungen der beiden nervi vagi mit Kochsalzlösung nach einiger Zeit sich die Vorhöfe und der Ventrikel nur noch schwach zusammenziehen, dann die erstern still stehen und hierauf der Ventrikel, bevor er sich zur Ruhe begiebt, noch einige schwache Pulsationen ausführe. Es beweist nämlich darum diese Erfahrung nicht die Existenz eines unabhängigen automatischen Erregungsapparates für den Ventrikel, weil nicht allein in jenem Experiment der Ventrikel in dem Maasse langsamer schlägt, als es auch der Vorhof thut, sondern weil immerhin auch denkbar ist, dass die wenigen schwachen Pulsationen, welche der Ventrikel nach dem Stillstand

[1]) Müller's Archiv 1851, S. 205.

der Vorhöfe macht, doch eingeleitet worden sind durch schwache und nicht leicht in die Augen fallende Zusammenziehungen des Vorhofes, welche namentlich an der dem Beobachter abgekehrten Fläche geschehen können. Endlich ist es an dieser Stelle noch von Wichtigkeit zu bemerken, dass, wenn nach durch Vagusreizung erzeugtem Stillstand das Herz wieder anfängt zu schlagen, jedesmal die *Pulsation vom Sinus ausgeht.* Um dies mit Sicherheit zu beobachten, schneide man den kleinen Sehnenstreifen, welcher vom Pericardium an die hintere Fläche des Froschherzens geht, durch und lagere sich den Ventrikel so, dass man deutlich die hintere Fläche des Vorhofes und den Sinus sieht. Man wird in dem angezogenen Experiment bemerken, dass nach dem Stillstand zuerst der Sinus sich zusammenzieht, dann eine schwache Pulsation des Vorhofes und zuletzt eine solche des Ventrikels folgt. Ich habe wohl in manchen Fällen bemerkt, dass sich die ganze Wiederbewegung des Herzens damit einstellte, dass der Sinus sich ein oder zweimal sehr schwach zusammenzog, ohne dass sich diese Bewegung auf die übrigen Herztheile fortpflanzte. Ich kann aber darin keinen Beweis für die Annahme eines *selbstständigen* automatischen Erregungsorganes im Ventrikel finden; denn möglich bleibt eben die Annahme, dass diese ersten, vom Sinus ausgehenden, schwachen Erregungen nicht hinreichten, die Bewegungen auf den Ventrikel zu übertragen. Diese Thatsachen zeigen, wie sich im Allgemeinen die Pulsationen des Ventrikels nach denen des Sinus und des Vorhofes in Existenz und Zahl richten. Besitzt also der Ventrikel selbstständige automatische Erregungsorgane, so muss irgend ein Etwas vorhanden sein, was seine Bewegungen in so eigenthümlisher Weise in Uebereinstimmung mit denen des Sinus und Vorhofes bringt. Wenn auch die erwähnten Erscheinungen uns darüber keineswegs befriedigenden Aufschluss geben, so lassen sie uns doch ahnen, dass jenes in einer sehr innigen Beziehung zu den im Sinus und Vorhof liegenden Bewegungsursachen stehend zu denken ist.

II. Die Vorhöfe fangen nicht wieder an zu schlagen, wenn man sie von Sinus und Scheidewand trennt. Beim Frosch ist dieser Versuch wegen

der Kleinheit und wenig scharfen Abgrenzung der Vorhöfe von den übrigen Herzabtheilungen nicht mit befriedigender Sicherheit anzustellen. Dagegen habe ich ihn mehrmals am Schildkrötenherzen angestellt; doch ist zu wünschen, dass er daran wiederholt werde. Ich habe nämlich in jenen Versuchen die abgeschnittenen Vorhöfe nicht länger als eine halbe Stunde beobachtet, während welcher Zeit sie sich durchaus ruhig verhielten.

III. Nach Quertheilung des Herzens werden Erscheinungen beobachtet, deren *Gesammtheit* am besten unter der obigen Annahme verständlich wird. Den Nachweis dieser Behauptung will ich an die Einwände des Herrn Heidenhain anknüpfen, und es dann dem Leser überlassen, ob er mich mit Herrn Heidenhain so ohne Weiteres in Hauptirrthümern befangen sieht. Es werden sich dabei in der Folge Gründe vernehmen lassen, die bereits von v. Betzhold gegen Heidenhain geltend gemacht worden sind. Ich bitte den Leser, es mir zu Gute zu halten, wenn ich dies im Einzelnen nicht immer besonders bemerke. Sein Eigenthum ist ihm durch seine oben citirte Abhandlung gesichert. Herr Heidenhain wendet nun gegen meine Auffassung ein:

1) *ich befände mich mit meiner Behauptung im Widerspruch mit* Stannius. Ich habe dies nie geläugnet und kann nichts dazu, wenn die Thatsachen dazu führen. Uebrigens hat Stannius, so viel mir bekannt, nie ausdrücklich und deutlich genug sich über die Vorstellung ausgesprochen, die er über die von ihm entdeckten Phänomene habe. Es kommt allerdings bei ihm, S. 87, die Bemerkung vor, dass er in der *Quetschung* beim Abschneiden dieselbe Wirkung sehe, als die Unterbindung ausübt; aber er erwähnt nicht ausdrücklich, dass er sich den Herzstillstand als durch die auf diese Weise erregten nervi vagi, wie es Herrn Heidenhain's Meinung ist, zu Stande kommend denke. Wenn aber Herr Heidenhain zur Begründung seiner und der Stannius'schen Auffassung sagt: In der That, führt man die Durchschneidung (die Quertheilung des Herzens nämlich zwischen Sinus und Ventrikel) mit einer recht scharfen Scheere und einem schnellen Schnitt aus, so sieht man nicht selten das Herz ohne Pause fortschlagen; nimmt

man eine recht stumpfe Scheere zu der Operation, so kann man sicher sein, den Stillstand des Herzens herbeizuführen"; so habe ich darauf zu erwidern, dass man auf diese Art nicht widerlegen kann. Ich habe oben ausdrücklich erwähnt und Jedermann wusste es ohnedies, wie der Erfolg eines Schnittes wesentlich durch den Ort bedingt wird, wo er geführt wird, und wie unsicher, ja unmöglich es ist, in auf einander folgenden Versuchen das Herz stets an derselben Stelle zu theilen. Daher bleibt es dann auch höchst zweifelhaft, ob die verschiedenen Erfolge zweier Schnitte, von denen einer mit einer recht stumpfen Scheere, der andere mit einer scharfen ausgeführt ist, den eigenthümlichen, verschiedenen Wirkungen dieser beiden Instrumente, oder dem Umstande zuzuschreiben sei, dass eben das Herz an zwei verschiedenen Stellen eine Trennung erfuhr. Ich kann endlich noch hinzufügen, dass da alle meine Versuche mit scharfen Instrumenten ausgeführt sind, ich hiermit factisch den Beweis liefere, dass solche dasselbe leisten können, als stumpfe.

2) Herr Heidenhain fährt dann [1], erstaunt über das grosse Versehen, das ich in einer so einfachen Sache, wie die Beurtheilung der Stannius'schen und natürlich auch meiner Versuche sei, begangen haben soll, fort: „Es ist schwer begreiflich, wie es Eckhard, der ja seiner Angabe nach die Versuche von Stannius bestätigte, entgehen konnte, dass die zuletzt erwähnte Thatsache (nach Herrn Heidenhain's Text ist nämlich damit die Erscheinung gemeint, dass nach Anlegung einer Ligatur hart um die Artrioventriculargrenze nicht bloss der Vorhof, sondern auch der *Ventrikel* rhythmisch zu pulsiren fortfährt) *in vollem Widerspruch* mit seiner Ansicht steht: der Ventrikel pulsirt gewohnter Weise, obschon er von den automatischen Ganglien Eckhard's durch die Ligatur getrennt ist." Wenn ich alles erwartet hätte, niemals konnte ich im Entferntesten daran denken, dass Jemand *diese* Erfahrung mit meiner Ansicht im Widerspruch finden würde. Auch glaube ich, dass, wenn Herr Heidenhain sich leidenschaftslos reflectirend

---

[1]) S. 462.

verhalten hätte, er sicherlich es nicht schwer gefunden haben würde, eine Möglichkeit einzusehen, bei deren Unterstellung ihm jener Widerspruch mit den Thatsachen geschwunden sein würde. Ich muss mich nach dieser Erklärung des Herrn Heidenhain leider dazu verstehen, dies ausführlich auseinander zu setzen. Es ist klar, dass die angezogenen Thatsachen nur dann in Widerspruch mit meiner Vorstellung kommen, wenn gezeigt werden kann, dass die auf Trennung oder Unterbindung hart an der Artrioventriculargrenze entstehenden Pulsationen des Ventrikels automatische im bekannten Sinne des Wortes wären. Dies aber ist es gerade, was ich läugne und zwar mit Rücksicht auf folgende Gründe:

a) es ist *unrichtig,* wenn Herr Heidenhain behauptet, dass nach der in Rede stehenden Operation der Ventrikel *gewohnter Weise* fortpulsirt. Schon Stannius führt an, dass die *Uebereinstimmung* zwischen den Pulsationen der Vorhöfe und des Ventrikels aufhöre. So gibt er z. B. an, dass gewöhnlich zwei bis drei Zusammenziehungen der Vorhöfe auf eine des Ventrikels kämen. Dies kann ich jedoch nicht *allgemein* zugeben, indem ich oft gesehen habe, dass bei jenem Versuch der Ventrikel *schneller* pulsirte, als die Vorhöfe. Alles hängt davon ab, welche Theile gerade von der Ligatur getroffen werden. Vergleicht man mit diesen Erfahrungen die andere, dass der Ventrikel leicht zum Stillstand kommt, wenn man die Trennung nur in der Nähe jener Furche und nicht in ihr selbst vornimmt, so wird es wahrscheinlich, dass jene Bewegungen des Ventrikels *reflectorische* sind, vermittelt vielleicht durch die Artrioventricularganglien, indem diese selbst durch Schnitt oder Ligatur direct getroffen oder doch durch die zu grosse Nähe jener Eingriffe gereizt werden. Dieser Vermuthung aber können wir noch durch den folgenden Versuch eine besondere Stütze verleihen. Man setze den Ventrikel durch Quertheilung dicht an der oft erwähnten Grenze in Ruhe und zerdrücke dann mit den Branchen einer kleinen Pincette den Wulst, in welchem das hintere Atrioventricularganglion liegt, man wird auf der Stelle eine ganze *Anzahl* von Pulsationen sehen und nicht nur eine einzige oder zwei, wie es sich einstellt, wenn man jede

andere Stelle des Ventrikels, mit Ausnahme des vordern Atrioventricularganglions ebenso behandelt.

b) Kommt man bei der Quertheilung der Furche sehr nahe, so begegnet man oft genug Fällen, in denen dem Schnitt nicht unmittelbar Ruhe folgt, sondern diese erst nach einer beschränkten Anzahl von Schlägen sich einstellt. Man vergleiche dazu die Versuche S. 132 ff. Wie kommen diese wenigen Bewegungen des Ventrikels vor seiner Ruhe zu Stande? Doch wohl durch nichts Anderes, als dadurch, dass sie Folgen eines auf den Ventrikel ausgeübten Reizes sind; denn wären sie automatische, so ist nicht zu verstehen, wie sie sobald unter scheinbar denselben äussern Bedingungen aufhören sollten, oder die durch den Schnitt gereizten Vagi ihre hemmende Thätigkeit *erst nach Entfernung des Reizes im höchsten Grade* entfalten sollten.

c) Die Bewegungen des Ventrikels, welche der Quertheilung in der Nähe der Atrioventriculargrenze folgen, gleichgiltig, ob nach dem Schnitt das Herz erst noch ruht oder nicht, tragen insofern alle Charactere nicht automatischer Bewegungen an sich, als dieselben unter äusserlich denselben Bedingungen sich sehr verschiedentlich gestalten. Man überblicke zu diesem Zwecke noch einmal die Versuche auf S. 133 u. 134. Bald steht das Herz still, dann pulsirt es einmal, ruht von neuem, fängt nach einiger Zeit an, in einem gewissen Rhythmus zu schlagen, steht wieder still, schlägt in einem andern Tempo und was der Wunderlichkeiten mehr sind. Ich gestehe, dass es für mich mehr Ansprechendes hat, mir zu denken, dass diese Verschiedenheiten ihre Erklärung finden in der Annahme, es entstehen jene Bewegungen auf Reize, welche in nicht berechenbarer Weise hier einwirken, als da sind: Bildung von Blutgerinnseln im Herzen und dadurch entstehende Zerrungen, Zersetzung der Muskel- und Nervensubstanz, Temperaturänderungen, Luftströmungen; alles Dinge, die für das schon auf äusserst geringfügige Reize antwortende Herz nicht gleichgiltig sind. Ich mache auch hier wieder auf die unter a erwähnte, durch

das Experiment nachzuweisende Eigenschaft der Atrioventricularganglien aufmerksam.

Wenn ich dieses Alles erwäge, so wird, glaube ich, Nichts im Wege stehen, die berührten Bewegungserscheinungen als auf Reize erfolgende zu betrachten. Ich gestehe gern zu, dass gerade an dieser Stelle sich der Mangel einer schärfern Begriffsbestimmung zwischen automatischen und reflectorischen Bewegungen am fühlbarsten macht, und dass darum wohl eine vorgelegte Bewegung je nach Belieben eine reflectorische oder automatische genannt werden kann; aber ich kann nicht zugeben, dass ich mich in einem Widerspruch befinden soll auf den Grund hin, dass Jemand geneigt ist, Bewegungen als automatische zu betrachten, die in ihrer Erscheinungsweise so viele Besonderheiten zeigen, denen wir gewöhnlich nicht bei automatischen Erregungsapparaten begegnen.

IV. Die diastolische Ruhe, in welche der Ventrikel nach der Quertheilung verfällt, kann nicht als die Folge der mechanisch gereizten nervi vagi betrachtet werden. Schon v. Betzhold hat diese Ansicht gegenüber Herrn Heidenhain's Annahme zu rechtfertigen gesucht. Wenn ich zu dessen Gründen noch einige hinzufüge, so ergiebt sich insgesammt folgender Beweis:

a) So weit wir wissen, können wir durch mechanische Eingriffe auf die Bahnen der vagi, so lange man sich nicht besonderer für die Erzeugung von andauernden Nervenerregungen irgend construirter Apparate, sondern nur kurze Zeit wirkender Reizungsmethoden, wie Durchschneiden und dergleichen bedient, keinen, auch nur eine Minute anhalden Stillstand des Herzens erzeugen. Ja nach den neulich bei Vögeln angestellten Versuchen dürfte es sogar zweifelhaft sein, ob die mechanische Tetanisirungsvorrichtung dazu ausreicht. Zwar setzt dem Herr Heidenhain die Bemerkung entgegen, es handle sich hier um mehr als um die mechanische Zerstörung der vagi, nämlich auch noch um die gleichzeitige Erregung der Ganglien im Herzen. Diese Voraussetzung ist jedoch willkührlich; woher weiss man, dass die *mechanische Reizung* der bei der Quertheilung des Herzens getroffenen Ganglien sich zur Erzeugung von

Herzstillstand und nicht im Gegentheil zu einer *Beschleunigung* der Herzbewegung eigne? Diese Willkühr tritt dann noch besonders deutlich hervor, wenn man überschlägt, ob es wohl möglich sei, den Effect der Quertheilung des Herzens im Voraus zu bestimmen, wenn man alle hier vorkommenden Momente in Betracht zieht. Vergessen wir nicht, dass an den durch Vagusreizung zum Stillstand gebrachten Herzen durch mechanische Reizung beliebiger Punkte der Vorhöfe Bewegungen ausgelöst werden können; so muss ein die Quertheilung des Herzens ausführender Schnitt die *vagi reizen, die Centralorgane oder Vorrichtung für den Herzstillstand treffen und endlich auch den reflectorischen Mechanismus in Bewegung setzen.* Man kann nicht sagen, was sich ereignen *muss,* und darum wird ein etwa erfolgender Stillstand *willkührlich* auf die gereizten vagi und Centralorgane bezogen. Es kommt mir bei diesen Punkten wesentlich darauf an, einsichtlich zu machen, dass, wenn ich ihn auch nicht zu einem brauchbaren Beweismittel meiner Vorstellung gestalten kann, es nicht erlaubt ist, ihm einen besondern Nachdruck zu Gunsten einer anderen Hypothese zu verleihen.

b) Ich habe oben Fälle mitgetheilt, in denen die diastolische Ruhe des Ventrikels eine Stunde und darüber andauerte, nach Verlauf welcher Zeit wieder Bewegungen anfingen. Ich gestehe, dass es gegen alle Erfahrung ist, in Folge eines einfachen raschen Schnittes durch peripherische Nerven oder meinethalben auch durch dieselben begleitende Centralorgane nervöse Theile in den höchsten Zustand ihrer Erregung über die Entfernung der mechanischen Ursachen hinaus auf eine so lange Zeit verfallen zu sehen. Zu diesem einfachen Grunde habe ich weiter Nichts hinzuzufügen.

c) Im Zusammenhang mit den vorigen Gründen steht theilweise der wenig begreifliche Umstand, dass durch Einschneiden in den Sinus, wo man doch gleichfalls die beiden vagi und von Ganglien vielleicht mehr trifft, als bei einem Schnitt über jenen hinaus, nicht Stillstand, sondern nur *Verlangsamung* des Herzschlags entsteht. Und dies wird um so weniger

verständlich, wenn man mit Herrn Heidenhain[1]) annimmt, dass im Allgemeinen vom Sinus gegen den Ventrikel hin die hemmenden Elemente gegen die bewegenden zurücktreten, wornach also gerade in der Gegend des Sinus die bewegende sich gegenüber den hemmenden in Minorität befinden.

d) Ertheilt man dem Ventrikel sowohl als dem Sinus automatisch wirkende Ganglien, welche die im gesunden Leben vorkommenden Bewegungen beider Theile beherrschen sollen, so muss nach einem dritten Etwas gesucht werden, welches die von beiden Centralorganen ausgehenden Bewegungen zu dem gewöhnlichen Gang von Bewegungserscheinungen verbindet, wie das schon sub I. angedeutet worden ist. Man kann allerdings leicht über diesen Punkt hinwegkommen, dass man sagt, die Bedingungen für beide automatische Bewegungsformen träten nun einmal in demselben zeitlichen Verlauf auf, wie die Bewegungen selbst und es lasse sich darüber kein weiterer Aufschluss geben. Allein man fühlt sogleich das wenig Befriedigende dieser Antwort, wenn man die oben aufgezählten Erscheinungen ernster nimmt, welche zeigen, in wie hohem Grade sich die Ventrikelpulsationen nach denen des Sinus und Vorhofs richten und findet dies klarer, wenn man annimmt, dass sich die Bewegungen des Vorhofs in Folge der Wirkung der Sinus-Vorhofsganglien spontan vollziehen und diese Bewegungen als solche die Ursache einer Erregung der Ventrikelbewegung werden, indem etwa geradezu durch die mechanische Zusammenziehung der muskulösen Vorhofswand Reize auf die äusserst leicht erregbaren Atrioventricularganglien ausgeübt werden. Man sieht, dass ich hier Etwas in die Hypothese aufnehme, wovon ich früher nicht gesprochen; in der That, ich habe früher wohl für mich selbst an diese Auffassung gedacht, fand sie aber zu gewagt, da ich keine besondern Versuche über die Wirkung der Atrioventricularganglien kannte. Seitdem aber Wittich [2]) gezeigt hat, dass der durch Quertheilung zum Stillstand

[1]) l. c. S. 504.
[2]) l. c.

gebrachte Ventrikel am sichersten in ewigen Schlummer versenkt wird, wenn man das eine Atrioventricularganglion exstirpirt und seitdem ich mich davon überzeugt habe, wie leicht man den ruhenden Ventrikel zu einer Reihe von Pulsationen veranlasst, indem man jenes Ganglion reizt, verliert jener Zusatz an Verwegenheit.

Die Sache in dieser Weise aufgefasst, hat nichts Widersinniges und umfasst alle Erscheinungen der Herzbewegungen ungezwungen und klar. Richtig ist und bleibt es allerdings, dass eine mehr befriedigende Verständigung über diese Angelegenheit erst mit dem Zeitpunkt gewonnen werden kann, mit dem die Begriffe automatisch und reflectorisch schärfern Unterscheidungen Platz machen [1]). Ich muss es dem Leser jetzt überlassen, zu urtheilen, ob sich meine Vorstellung nicht mit demselben Gewicht der Gründe neben die des Herrn Heidenhain stellen kann und ob er Ursache hatte in der meinigen Widersprüche zu finden und an ihr die Ausstellungen zu machen, zu denen er sich versucht fühlte.

Von meiner und Bidder's Vorstellung etwas abweichend, hat endlich Herr von Betzhold eine Theorie der Ursachen der Herzbewegung publicirt. Ihr Inhalt ist bekanntlich folgender: Das Herz enthält bewegende und hemmende Kräfte. Im normalen Herzen ist die Summe der ersteren, als welche die Sinus- und Ventrikelganglien betrachtet werden, grösser als die der letztern, als welche er die Vorhofsganglien [2]) beansprucht. Bei der Unterbindung oder Durchschneidung zwischen Sinus und Ventrikel wird ein Theil der erstern entfernt, so dass die Wirkung des Restes, der Ventrikelganglien nämlich, jetzt durch die der Vorhofsganglien com-

[1]) Ich will hier ausdrücklich bemerken, dass ich mich in der ersten Arbeit über die Ursachen der Herzbewegungen, zu einer ausführlichen Betrachtung ihrer Ursachen gegenüber Herrn Heidenhain's Auffassung einzig und allein desshalb nicht verstand, weil mir schon die erste Ueberlegung zeigte, dass es aus dem im Text angedeuteten Grunde unmöglich sei, eine erspriessliche Discussion über diese Angelegenheit zu eröffnen.

[2]) Was Herr von Betzhold damit für Ganglien meint, giebt er weiter nicht an.

pensirt werden kann, so dass Ruhe eintritt. Während der Ruhe sammelt sich eine gewisse Kraftmenge in den Centralorganen des Ventrikels an, welche das Gleichgewicht zu Gunsten der Bewegung stört. Bezüglich dieser Theorie ist mir Manches unklar. Es wird nämlich hier die hemmende Wirkung der Vorhofsganglien gegenübergesetzt einer *Summe* von Bewegungsursachen: Sinusganglien + Ventrikelganglien. Nach Abtragung der erstern sollen die hemmenden Wirkungen der Vorhofsganglien den bewegenden des Ventrikels das Gleichgewicht halten können. Ich frage: Erstens: wie wird der Schnitt ausgeführt, durch welchen man die Sinusganglien von den Ventrikelganglien so trennt, dass die hemmenden Vorhofsganglien mit den letztern im Zusammenhang bleiben und nicht gleichzeitig, wenigstens theilweise, auch in dem abgetragenen Sinusstück enthalten sind? Zweitens: Worin liegt der Beweis, dass die Sinus- und Ventrikelganglien *in praxi* wirklich als *Summe* wirken? Diese Frage ist man berechtigt aufzuwerfen, weil man sich auch vorstellen darf, dass die Zusammenziehung des Vorhofs durch die Sinus- und die des Ventrikels durch die Ventrikelganglien *nach* einander bewirkt werden. Ist dies der Fall, so fällt der Begriff der Summe fort und die hemmenden Vorhofsganglien haben nicht vor der Durchschneidung einer Summe und nach ihr nur einem Summand derselben entgegenzuwirken, wie es die Hypothese ausspricht. Drittens: Wenn man aber auch nach Herrn v. Betzhold die Trennung so vornehmen kann, dass die Vorhofsganglien mit dem Ventrikel noch im Zusammenhang sind und also deren bewegende Kräfte im Zaume halten, wie löst sich dann der folgende Widerspruch? Jetzt nämlich sind die Sinusganglien von hemmenden Einflüssen frei und darum sollten wir wohl erwarten, dass der Sinus schneller oder intensiver pulsire; leider aber findet keins von beiden statt; er pulsirt in jeder Beziehung ungestört fort, die Aenderung abgerechnet, welche der Schnitt selbst erzeugt und welche nur vorübergehend ist. Daraus aber schliessen wir: in dem von dem Sinus abgetragenen Stück konnten keine Elemente enthalten sein, welche auf die in jenem liegenden Bewegungsursachen hemmend wirkten, folglich haben auch nie-

mals die Vorhofsganglien der Summe von bewegenden Kräften, die sich aus Sinus- und Ventrikelganglien zusammensetzt, entgegengewirkt. Andere Thatsachen, die sich gegen die Hypothese des Herrn von Betzhold aufbringen lassen, übergehe ich, weil sie sämmtlich von minderem Gewicht als die eben gemachten Bemerkungen zu sein scheinen.

B. *Reflectorische Herzbewegungen.* Verstehen wir darunter alle solche, welche nur auf äussere, absichtlich von uns auf die Herzsubstanz applicirte Reize entstehen, ohne Rücksicht auf irgend eine Vorstellung über die nähere, innere Entstehungsweise derselben zu nehmen, so steht Folgendes darüber fest.

1) Ruhende Ventrikel schlagen im Kreise constanter Ströme zeitweilig weiter, gleichgiltig ob sie noch die bekannten Ganglien besitzen oder nicht.

2) Das durch Vagusreizung zum Stillstand gebrachte Herz schlägt auf mechanische Reize, und zwar in der Art, dass die Abtheilung, welche man direct reizt, sich zuerst zusammenzieht und dann die andern folgen. Dabei geht, soweit man nach dem blossen Anschein urtheilen kann, die Bewegung mit gleicher Leichtigkeit vom Vorhof auf den Ventrikel als von diesem auf jenen über.

3) Mechanische Reize, sowie constante und intermittirende electrische Ströme lösen an ganglienlosen Stücken noch Bewegungen aus.

Zu 1. Ich will das, was ich über den ersten Punkt gesagt habe, hier nicht wiederholen, indem ich den Leser auf S. 154—155 der mehrfach erwähnten Abhandlung verweise. Herr Heidenhain hat auch diesem Punkt seine Kritik zugewandt. Bei der Lectüre derselben kann ich nicht umhin, folgende Bemerkungen zu erwidern:

a) Herr Heidenhain tadelt, dass ich gesagt: *das Herz kenne keinen Tetanus.* Hierauf muss ich zunächst bemerken, dass diese Antwort von mir auf die Frage gegeben wurde, wesshalb das Herz auf die constanten

Ströme, die offenbar Reize für dasselbe sind, nicht durch Tetanus, sondern durch einzelne Pulsationen antworte, da doch kein Grund vorhanden sei zu der Annahme, dass jener Reiz ebenso intermittirend wirke, als die Pulsationen selbst erscheinen. Nur in diesem *Zusammenhang* war jene Behauptung zu verstehen und in diesem ist sie auch richtig; denn wenn ich jene Frage jetzt wiederhole, so wird die Antwort immer wieder die sein: es ist eine Eigenthümlichkeit des Herzens, durch *abwechselnde Pulsationen diese Reize* zu beantworten. Herr Heidenhain glaubt sich nun ein besonderes Verdienst zu erwerben, dass er diesen Satz ganz allgemein nimmt. Ich kann nicht läugnen, dass ich unvorsichtig war, dies nicht durch einen besondern Zusatz zu verhüten. Ich hielt aber einen solchen nicht für nöthig, da aus dem Zusammenhang klar war, dass ich hier nur ein Verhalten des Herzens anzog, was im Grossen und Ganzen richtig ist und vielleicht in wenigen Fällen eine Ausnahme erleidet. Freilich ist meine aufrichtige Meinung über jene Frage die, dass ich glaube, die Erscheinungen sind der Art, dass man darüber streiten kann, ob sie wirklich das beweisen, was sie sollen. Man wird daran in der That zweifelhaft, wenn man sich der Erscheinungen erinnert, die gewiss jeder Physiologe aus eigner Anschauung kennt; denn wer hätte wohl nicht einmal ein Herz mit einem Inductionsapparat gereizt! Man beobachtet nämlich in bei weitem den meisten Fällen Bewegungen, die nicht einem Tetanus vergleichbar sind. Herr Heidenhain hat selbst diese Erscheinungen gut beschrieben S. 493. Nur in *manchen* Fällen sah er den Ventrikel in eine vollkommen stetige tonische Contraction, in einen exquisiten Tetanus gerathen. Ich habe nie recht überzeugend zu diesem Resultat gelangen können. So oft ich nämlich Erscheinungen unter den Händen hatte, welche mir dasselbe zu bestätigen schienen, fand ich bei genaueren Untersuchungen jedesmal noch kleine wellenförmige und dergleichen Bewegungen, die der Ausbildung eines *vollkommenen* Tetanus entgegen waren. Ich will nicht bestreiten, dass Herr Heidenhain einen solchen beobachtet, aber ich halte es fraglich, ob jeder andere Beobachter die Erscheinungen

gleichfalls und unbedenklich für einen Tetanus gehalten hätte. Für mich bietet jetzt gegenwärtig die weitere Behandlung dieser Frage kein tieferes Interesse und verlasse ich dieselbe hiermit.

b) Herr Heidenhain tadelt dann ferner, dass ich aus dem Verhalten der Herzventrikel im Kreis constanter Ketten zu schliessen geneigt bin, das Herz sei nicht als ein vollkommenes Gegenstück zu andern animalischen Muskeln zu betrachten. Ich will übrigens bemerken, dass keineswegs es dies Verhalten des Herzens allein war, was mich zu jenem Ausspruch bestimmte. Man nehme z. B. nur den Umstand hinzu, dass unbedeutende mechanische Reize, wie ein Nadelstich, an einem Ventrikeltsück, an dem bis jetzt kein Mensch ein Ganglion aufgefunden hat, eine Pulsation der gesammten Muskelmasse auslöst. Kann ein anderer animalischer Muskel sich dieses Verhaltens rühmen? Und wenn wirklich die tiefer dringende Forschung Ganglien in jenen Herztheilen nachweist, so wird gerade dadurch die exceptionelle Stellung des Herzens um so klarer werden. Betrachten wir uns aber die Argumentation des Herrn Heidenhain gegen meine Aeusserung ein wenig genauer. Der Gedankengang derselben ist nach S. 491—497 folgender: Herr Pflüger hat entdeckt, dass schwache constante Ströme auf motorische Nerven erregend wirken. In dem Versuche Eckhard's, dass ein ganglienloser und vorher zur Ruhe gebrachter Ventrikel im Kreise constanter Ströme anfängt zu pulsiren, wirken letztere im Sinne des Herrn Pflüger erregend. Der Beweis dafür liegt darin, dass constante Ströme auf das Herz gerade so wirken, wie intermittirende. Mehr enthält die oben citirte Exposition nicht. Es ist mir aber beim besten Willen nicht möglich gewesen, zu entdecken, wie in ihr eine Widerlegung meiner Ansichten enthalten sein soll. Ich behaupte, weil der ganglienlose Ventrikel im Kreise eines constanten Stromes *pulsirt,* was bekanntlich andere animalische Muskeln nicht thun, so muss jener sich in seiner innern Anordnung von diesem unterscheiden. Der Beweis dagegen kann nur auf die Weise geführt werden, dass entweder gezeigt wird, das Herz besitzt *nicht* diese von mir ihm

zuertheilte Eigenschaft, oder aber die andern animalischen Muskeln verhalten sich so wie jenes. Keins von beiden hat Herr Heidenhain gethan. Denn dass er zeigt, dass bei sehr starken Stromesstärken das Herz auch in einen tetanischen Zustand verfallen könne, ich will voraussetzen, es sei dies ohne Widerspruch richtig, so ist damit keineswegs die Identität desselben mit andern Muskeln dargethan, da gegen schwache Ströme sich eben beide wesentlich sehr *verschieden* verhalten, das Herz *pulsirt,* die andern Muskeln verfallen nach der besonders herrschenden Stromstärke in Tetanus oder beharren in Ruhe. Ich kann also in Heidenhain's Darstellung nur eine *vermeintliche* Widerlegung finden. Ausserdem aber enthält seine Darstellung noch folgende Einzelheiten, die mir einige Bemerkungen abnöthigen. Herr Heidenhain giebt sich auf S. 494 Mühe zu beweisen, dass constante Ströme auf das Herz *erregend* wirken. Aber zu welchem Zweck die daselbst vorgebrachte Schlussfolgerung! Wenn man das ruhende Herz unter dem Einfluss constanter Ströme sich bewegen sieht, wer wird noch zweifeln, dass dieselben *erregend* auf das Herz wirken. Zu diesem Schluss bedarf es keines weitern Beweises, mit Ausnahme der Hinwegräumung einiger Bedenklichkeiten, die man über die Anstellung des Experimentes selbst haben kann und was ich am angeführten Orte gethan habe. Auch habe ich das so in meiner frühern Abhandlung dargestellt. Man kann nur darüber streiten, wie man sich diese Erregung im Einzelnen näher vorstelle. Herr Heidenhain glaubt nun den Physiologen beweisen zu können, dass sich aus Pflüger's Entdeckung des Entstehens eines Tetanus beim Hindurchleiten schwacher constanter Ströme durch motorische Nerven eine befriedigendere Deutung des Auftretens von Pulsationen ruhender Herzventrikel im Kreise constanter Ketten herleite, als aus meiner Annahme. Man übersehe nicht, dass es sich hier um ein Doppeltes handelt, nämlich: einmal verständlich zu machen, wie der constante Strom überhaupt als Reiz wirke und sodann wie in specie beim Herzen daraus dessen *Pulsationen* sich herleiten. Den erstern Punkt anlangend, habe ich mich auf S. 135 meiner frühern

Abhandlung folgendermaassen ausgedrückt: „Besonders muss jedoch vor der Meinung gewarnt werden, als sei es etwa eine Eigenschaft dieses Bewegungsmechanismus, durch die rein electrische Wirkung des Stromes in Arbeit zu gerathen. Dies folgt nicht mit Nothwendigkeit aus der besprochenen Erscheinung; denn es ist denkbar, dass die electrolytischen Producte die Reize abgeben." Für den zweiten wusste ich keine weitere Erklärung, als: es ist nun für gewöhnlich einmal eine Eigenthümlichkeit des Herzens auf länger dauernde Reize nicht durch anhaltenden Tetanus, sondern durch *Pulsationen* zu antworten. Dass es im Grunde genommen keine befriedigende Erklärung ist, weiss ich recht gut, ebenso aber auch, dass man im Augenblick keine bessere Antwort geben *kann*. Die beiden hier zu distinguirenden Punkte hat Herr Heidenhain mit einander vermengt; ich wüsste sonst nicht, wie er S. 497 zu folgender Behauptung gelangen sollte: So lange die erregende Wirkung constanter Ströme auf motorische Nerven unbekannt war, konnten die unter dem Einflusse constanter Ströme auftretenden Erscheinungen als paradoxe Ausnahmsfälle erscheinen und zu der Annahme verführen, dass im Herzen ein ganz besonderer Mechanismus gegeben sei, verschieden von den sonstigen motorischen Nerven- und Muskelpräparaten. Pflüger's Untersuchungen räumen diese Schwierigkeiten hinweg und führen zu einer mehr befriedigenden Deutung. Herr Heidenhain bleibt nämlich wirklich den Beweis schuldig, zu zeigen, wie sich aus Pflüger's Entdeckung die *Pulsationen* des Herzventrikels im Kreis einer constanten Kette ohne weitern Zusatz verständlich machen. Sollte aber Herr Heidenhain gemeint haben, aus Pflüger's Entdeckung ergebe sich nur für den ersten der oben auseinandergehaltenen Punkte eine *befriedigendere* Erklärung, als ich sie gegeben, so kann ich nicht umhin zu behaupten, dass dies für ihn eine Art Geschmackssache ist. Ich will dies beweisen. Für jede Erklärung einer Erscheinung ist die Vorstellung, welche man sich von ihrer Ursache macht, das Wesentliche; die Form, in welche man sie kleidet, ändert daran Nichts und jede ist gleich gut, wenn sie

der erstern entspricht. Nun habe ich vorhin die electrolytischen Producte und nach S. 155 der frühern Abhandlung noch genauer den Act ihrer Entstehung als reizende Ursache hypothetisch zugelassen. Ich habe dabei, zu bemerken, dass, da man hier im Herzen die Ströme nicht allein durch die Nervenfasern schicken kann, ich mir nicht die Erlaubniss nehmen durfte, die Erscheinungen nur auf eine Zersetzung der Nervenfasern allein zu beziehen. Diese Erlaubniss nimmt sich Herr Heidenhain und statt meiner simplen Ausdrücke, drückt er sich gelehrter so aus: es sei jetzt nachgewiesen, dass constante Ströme von der grössten Beständigkeit, die unsere galvanische Vorrichtungen zu liefern vermöchten, auf die motorischen Nerven erregend wirken können, *vermöge* innerer Molikularvorgänge, die an das Durchströmtsein feuchter Leiden geknüpft seien (*translatorische* und *chemische Wirkungen des Stromes*). Der vorurtheilsfreie Leser möge meine und Herrn Heidenhain's Darstellung lesen und sich ehrlich bekennen, wie weit die Vorstellungen, welche beiden zu Grunde liegen in Wahrheit auseinander weichen. Sollte er aber in dem Umstand, dass Herr Heidenhain nur von der Reizung von Nerven im Herzen spricht, während ich von einer solchen der sämmtlichen Herzsubstanz spreche, einen genaueren Ausdruck der Wahrheit finden, so mag er sich jedoch darüber vorher eine Erklärung noch ausbitten, woher man dann wisse, dass sich die Ganglien, welche doch nach S. 488 so gern vorausgesetzt werden, sich gegen den constanten Strom ebenso verhalten, wie die Nervenfasern? Ich verkenne nicht, dass man sich die Sache so denken kann, wie Herr Heidenhain, aber ich bestreite, dass seine Erklärung befriedigender ist, als die meine und dass sie mehr positive Grundlagen für sich habe.

Zu 2 habe ich Nichts Wesentliches hinzuzufügen. Ich habe nicht dazu gelangen können, sichere Beweise für eine etwaige Ansicht über die nervösen Theile, welche die Bewegung des gereizten Vorhofes auf den Ventrikel oder umgekehrt übertragen. Ich halte es aber nicht für unwahrscheinlich, dass sich dabei die Atrioventricularganglien betheiligen.

Diese würden dann bei den reflectorischen Bewegungen als Uebertragungsorgane wirken, wie im normalen Leben. Doch ist dies reine Hypothese. Ich habe zwar einigemal versucht, am schlagenden Herzen das hintere Atrioventricularganglion zu exstirpiren, wobei ich hoffte, der Ventrikel sollte sich zur Ruhe begeben und die an ihm auf Reize entstehenden Bewegungen würden sich nicht dann auf den Vorhof übertragen. Man kommt aber bei der Kleinheit des Froschherzen zu keinem entscheidenden Resultat, und habe ich daher vorerst diese Versuche aufgegeben.

Den 3. Punkt habe ich schon zum Theil oben berührt. Ich halte es nicht für nöthig, eine neue Discussion darüber zu erheben, ob diese Bewegungen, wie Herr Heidenhain will, durch Mitwirkung von Ganglien erzeugt werden oder nicht. Ich habe allen Respect vor Ganglien, aber ich kann mich nicht dazu entschliessen, mit ihnen zu kokettiren. Bis jetzt sind solche im Ventrikel, wie ich ihn hier voraussetze, noch nicht nachgewiesen und so lange als dies nicht ist, bin ich im vollkommenen Recht, wenn ich jene Bewegungen nicht mit Nothwendigkeit auf sie beziehe. Mit ihrer Entdeckung gebe ich vielleicht meine Ansicht auf. Ich komme auch dadurch in keinen Widerspruch mit andern Thatsachen; denn wir kennen im Thierkörper Bewegungen genug, auch in der besondern Form von Pulsationen, von denen wir nicht annehmen, dass sie durch Ganglien erzeugt wären. Warum sollten diese auch alle über einen Leist geschlagen sein!



Achte Abhandlung.

Ueber

Diffusionsgeschwindigkeit durch thierische Membranen.

(Fortsetzung.)

Von

C. Eckhard.

---

§. 6. Die Abhängigkeit der Diffusionsgeschwindigkeit von der Concentration.

Zur vollständigen Untersuchung dieser Abhängigkeit ist es nothwendig, den Versuchen solche Formen zu geben, dass nicht allein hinlänglich abgeänderte Unterschiede in der Concentration überhaupt vorkommen, sondern dass auch jene an den verschiedenen Stellen der Concentrationsscala gewählt werden. Zu dem Ende habe ich die folgenden grössern Versuchsreihen angestellt. Neben der speciell uns interressirenden Frage nach der Abhängigkeit der *absoluten Grösse des Salz- und Wasserstromes* habe ich auch gleichzeitig mich darüber aufzuklären gesucht, wie sich das *endosmotische Aequivalent* in seiner Abhängigkeit von der Concentration gestaltet, ein Punkt, der wegen seiner augenfälligen Wichtigkeit für die Theorie der Hydrodiffusion der experimentellen Beiträge noch sehr bedarf.

A. Verschieden concentrirte Lösungen tauschen sich gegen reines Wasser aus.

Um die Bedingungen für einen derartigen Austausch in ihrer vollendeten Form herzustellen, müssten sowohl die Salzlösungen, als auch das Wasser in unendlich grossen Mengen angewandt werden. Absolut lässt sich dies nun zwar nicht erreichen, wohl aber durch gewisse, sogleich

zu erwähnende Einrichtungen dieser Forderung möglichst nahe kommen. Nach mehrfachen Versuchen bin ich bei dem folgenden Verfahren stehen geblieben. Das Wasser wandte ich im Durchschnitt zu gegen 80 Grammes an. Durch besondere Versuche, wie die auf S. 7 dieses Bandes mitgetheilten, habe ich mich überzeugt, dass bei der den einzelnen Versuchen gegebenen Dauer keine wesentlich anderen Salzmengen übergingen, wenn ich grössere Wassermengen in Anwendung brachte. Was die Constanz der Salzlösung anlangt, so hat es für die Anwendung einer gesättigten Lösung keine Schwierigkeit, während der ganzen Dauer des Versuches eine solche herzustellen. Um aber auch nicht gesättigte Lösungen verschiedener Concentration während der Versuchszeit möglichst unverändert zu erhalten, liess ich dieselben sich fortwährend wechseln. Das Verfahren, welches ich dabei angewandt, wird durch die Zeichnung der Taf. II versinnlicht. Die mit der Salzlösung einer bestimmten Concentration gefüllte Flasche a wird in die mit einer Membran unten überbundene Endosmosenröhre b umgestülpt. Um dieses bequem und ohne Verschütten der Flüssigkeit auszuführen, habe ich in die Mündung jener Flasche zunächst ein kurzes Glasrohr c mittelst eines Korks eingefügt und damit einen nach Bedürfniss langen, dickwandigen und wohl ausgewaschenen Kautschuckschlauch d in Verbindung gebracht, welchen man nach dem Füllen der Flasche dicht unter dem Glasrohr durch einen starken metallenen Quetscher e, dessen Branchen sich mit Hilfe einer Schraube beliebig fest schliessen lassen, absperrt. Nach dem Umstürzen der Flasche nimmt man den Quetscher ab und es füllt sich jetzt die Endosmosenröhre so weit, als die untere Mündung des Schlauches reicht. Aus der Endosmosenröhre führt ein anderer Kautschuckschlauch f, welcher bei g mit einem Hahn versehen ist, zu einem Messglase h. Das mit der Membran überbundene Ende taucht in das zuvor gewogene Wassergefäss i und zwar so tief, dass sein Niveau je nach der Concentration der angewandten Salzlösung mehr oder weniger höher steht, als das Niveau der innern Salzlösung. Wie gross diese Höhendifferenz sein muss, berechnet sich aus den specifischen Gewichten

der angewandten Salzlösungen. So lange diese nicht allzusehr verdünnt sind, also die endosmotischen Strömungen so stark sind, dass dagegen die Ueberfuhr von Wasser in das Endosmosenrohr oder von Salz aus der Hydrodiffusionsröhre in Folge sehr kleiner Druckdifferenzen verschwindet, genügt es, die zur Eliminirung von Drücken nothwendige Niveaudifferenz für eine gewisse Salzlösung sich einmal auszumessen und bei weitern Versuchen mit derselben Lösung jene nach dem Augenmaass zu schätzen. Man braucht, wie ich mich durch absichtlich angestellte Versuche überzeugt habe, hier nicht zu ängstlich zu sein. Der Herzbeutel des Ochsen, der auch hier wieder überall, wie früher, frisch in Anwendung kam, schwächt durch seine Dicke bei sehr kleinen Drücken den Filtrationsstrom bis zum vollkommnen Unmerkbaren. Der Zweck der gewählten Anordnungen ist klar. Der Kautschuckschlauch führt durch Heberwirkung die zur Diffusion bereits benutzte Quantität Flüssigkeit fort, während sie sich aus der Flasche in demselben Maasse ersetzt und zwar unter Beibehaltung eines nahezu gleich hohen Flüssigkeitsstandes in der Endosmosenröhre. Den Hahn g liess ich anfangs aus Elfenbein anfertigen, allein er konnte nicht mit Leichtigkeit behufs der gewünschten Regulirung der Abflussmenge gestellt werden und ich habe ihn später durch einen messingenen ersetzt. Es wird zwar dadurch die Salzlösung ein wenig verunreinigt, aber man darf sich eben die Mühe nicht verdriessen lassen, sie zu reinigen, wenn Zweifel an der Richtigkeit des Resultats wegen dieses Umstandes entstehen. Sollte Jemand die Versuche wiederholen, so kann ich ihm die tröstende Versicherung geben, dass er sich über diesen Umstand, wenn er mit demselben Salz nicht Wochen und Monate lang arbeitet, hinwegsetzen kann. Ich habe mich davon durch besondere Proben überzeugt. Bei Versuchen, die ein öfteres Füllen der Flasche voraussichtlich nothwendig machen, oder wenn etwa während eines Versuches die Salzlösung unerwarteter Weise nicht ausreichen sollte, habe ich der beschriebenen Vorrichtung nachfolgenden Zusatz gegeben. Von dem Boden der Flasche führt eine Glasröhe k, zu einem Kautschuckschlauche l, welcher

mit der Handluftpumpe m in Verbindung ist. Andererseits führt aus einem die jedesmalige Salzlösung enthaltenden und nach Belieben hochgestellten Gefässe n ein Schlauch o mit der Hahnvorrichtung p in die Endosmosenröhre. Man kann auf diese Weise die Flasche bequem füllen, ohne am ganzen Apparate etwas ändern oder einen angefangenen Versuch unterbrechen zu müssen. Ein Gehilfe öffnet den Hahn p, während man die durch Heberwirkung in die Röhre fliessende Lösung durch Luftverdünnung in die Flasche saugt. Bei einiger Uebung ist es leicht, sogar während ein Versuch im Gange ist, dies so auszuführen, dass wenigstens auf die Dauer keine namhafte Niveauänderung in der Endosmosenröhre vorkommt. Ausserdem sind q und s die nothwendigen Gestelle, r der Durchschnitt eines die Endosmosenröhre haltenden Statives, t das Thermometer.

Indem wir jetzt nun zur Ausführung der Versuche selbst schreiten, kommt sogleich das Bedenken, ob wir unterstellen dürfen, dass die im Hydrodiffusionsprocesse auftretenden Constanten bei der *Bewegung* einer oder beider im Austausch begriffenen Flüssigkeiten dieselben sind, als wenn letztere ruhen. Von anderer Seite her ist mir über diesen Punkt Nichts bekannt und es liegt mir daher ob, einleitungsweise zu unserem eigentlichen Gegenstande mich durch eine Anzahl von Versuchen darüber aufzuklären, inwieweit jenes Bedenken gegründet ist. Ich bemerke dabei im Voraus, dass es nicht meine Absicht ist, diese Frage hier ausführlich und insoweit zu behandeln, um eine definitive Antwort darauf für alle nur *erdenklichen* Geschwindigkeitsgrade der Flüssigkeitsbewegung zu geben, sondern nur insoweit, um klar darüber zu sein, inwieweit ich diesem Umstand in den von mir jetzt beabsichtigten Versuchen Rechnung zu tragen habe. Zu diesem Zwecke sind die folgenden drei Versuchsreihen angestellt, welche ohne weitere Bemerkung an und für sich verständlich sind. In allen Versuchen tauschte sich *concentrirte* Kochsalzlösung gegen reines Wasser aus. Natürlich muss bei derartigen Versuchen die Temperatur constant sein, oder man muss durch besondere Bestimmung der Coëfficienten der Gleichung S. 30 dem Einfluss der Temperatur Rech-

nung tragen. In den Räumen, in welchen ich die Versuche anstellte, kamen, wie deren Mittheilung lehren wird, keine einflussreichen Temperaturänderungen während der mit einander zu vergleichenden Bestimmungen vor. Uebrigens standen die angewandten Flüssigkeiten immer in dem Raume, in welchem die Versuche angestellt wurden. Man muss jedes Verbringen von Flüssigkeiten aus und in verschiedene Räume dabei vermeiden. Wegen der schlechten Leitungsfähigkeit derselben nehmen sie sehr langsam, namentlich wenn man mit grösseren Massen arbeitet, die Temperatur des Beobachtungszimmers an. Die Temperaturbestimmung selbst geschah mittelst eines guten Thermometers, welches in ein Gefäss mit Wasser dicht neben der Endosmosenröhre aufgestellt tauchte; in manchen Fällen senkte ich jenes auch wohl in diese selbst ein. Bezüglich der Geschwindigkeiten habe ich noch zu bemerken, dass diess, wie sich bei einem Blick auf die Vorrichtungen schon von selbst ergiebt, keine ganz gleichmässige, desshalb geben auch die Zahlen in der betreffenden Columne nur die mittleren Geschwindigkeiten der Flüssigkeit in der Endosmosenröhre an, wie sie sich aus der nur möglichst gleichmässig abgeflossenen und gemessenen Flüssigkeitsmenge und den Querschnitten der Röhren f und b berechnen. Als Einheiten sind das Millimeter und die Secunde gewählt. Vor jeder Versuchsreihe wurde wie früher und aus demselben Grunde etwa eine halbe Stunde vorher diffundirt, ohne irgend eine Bestimmung auszuführen. In der letzten Columne der Tabellen habe ich noch den Procentgehalt der abgeflossenen Flüssigkeitsmenge berechnet. Man erhält dadurch eine, wenn auch unvollkommne, doch unter Umständen brauchbare Vorstellung über die Grenze, bis zu welcher hin sich der Procentgehalt einer Lösung ohne Beeinträchtigung der endosmotischen Constanten ändern darf. Bei dieser Berechnung ist näherungsweise auch noch die in der Abzugsröhre befindliche Flüssigkeit mit berücksichtigt worden.

1. *Reihe.*

Menge der in 30′ abgeflossenen NCl-Lösung.	Berechnete, mittlere Geschwindigkeit im Endosmosenrohr.	In 30′ diffundirte Kochsalzmenge.	In 30′ durchgegangenes Wasser.	Aeq.	Temp.	% Gehalt der abgeflossenen NCl-Lösung.
660 Cmc.	0,000071	0,633	1,895	3,0	8,0 7,9	25,45
180	0,000213	0,640	1,990	31	7,9 7,8	26,14
360	0,000426	0,643	2,090	3,2	7,8 8,0	26,21
900	0,001065	0,637	1,910	3,0	8,0 8,2	26,43
1810	0,002130	0,665	2,054	3,1	8,2 8,4	26,45
2250	0,002663	0,680	1,961	2,9	8,4 8,6	26,49

Man könnte geneigt sein, aus dieser Versuchsreihe sofort zu schliessen, dass innerhalb der hier eingehaltenen Geschwindigkeiten der abfliessenden Salzlösung die Grösse der beiden endosmotischen Strömungen, sowie auch das Aequivalent, von der Bewegung unabhängig sei. Doch würde dieser Schluss nicht richtig sein, denn es wäre denkbar, dass die durch die Bewegung entstehenden Aenderungen so beschaffen wären, dass sie sich mit den gleichfalls kleinen, die aus dem wenn auch geringen Wechsel der Concentration der abfliessenden Salzlösung entspringenden, compensirten. Freilich würde man einer solchen Vermuthung entgegenhalten, dass, da die durchgegangenen Salz- und Wassermengen gleich sind, denn die kleinen bemerkbaren Abweichungen sind unstreitig auf Fehler der Versuche und kleine Temperaturänderungen zu beziehen, die *geringeren* Bewegungen *grössere* Effecte zur Compensation der aus der grössern Aenderung der Concentration entspringenden grössern Abweichung der Grösse der endosmotischen Ströme erzeugen müssten, was sehr unwahrscheinlich

ist. Freilich könnten wir uns über diese Frage für unsere weitern Zwecke hinwegsetzen. Da wir nämlich sehen, dass das mehr oder weniger schnelle Abfliessen der Salzlösung schliesslich keine wesentliche Aenderung in den durchgehenden Salz- und Wassermengen hervorbringt, so steht der beabsichtigten Anwendung der Methode Nichts mehr im Wege. Doch ist es befriedigender, sich über jenen Scrupel durch den Versuch aufzuklären, was dadurch geschehen kann, dass man eine Versuchsreihe ähnlich der vorigen nur mit dem Zusatz ausführt, dass man die Salzlösung einmal ruhen lässt und ihre Concentration durch festes in die Röhre eingeführtes Salz erhält. Dabei ist jedoch eine doppelte Vorsicht zu gebrauchen. Man darf nämlich einmal nur soviel Salz hinzusetzen, als eben ohngefähr hinreicht, das eindringende Wasser zu sättigen und nichtsoviel. dass die Oberfläche der Membran mit einer ganzen Schichte bedeckt ist (siehe Seite 16 d. B.); sodann muss das Salz die Temperatur des Beobachtungszimmers haben, muss also gleich den Flüssigkeiten in dieser längere Zeit aufbewahrt worden sein.

2. Reihe.

Menge der in 30' abgeflossenen NCl-Lösung.	Berechnete mittlere Geschwindigkeit.	In 30' diffundirte Kochsalzmenge.	In 30' durchgegangenes Wasser.	Aeq.	Temp.	% Gehalt der abgeflossenen Lösung.
50	0,000060	0,654	1,964	3,0	7,4 7,5	25,31
190	0,000228	0,664	2,009	3,0	7,5 7,6	26,18
540	0,000648	0,661	2,035	3,1	7,6 7,6	26,37
980	0,001176	0,648	1,995	3,1	7,6 7,6	26,43
2900	0,003480	0,706	2,246	3,1	7,6 7,6	26,48
0	0	0,671	2,073	3,1	7,6 7,6	26,50

Hier ist die bei nicht bewegter Salzlösung durchgegangene Salz- und Wassermenge ebenso gross, als bei bewegter und es ist somit unsere

obige angenommene Möglichkeit der Compensation der beiden genannten Einflüsse unstatthaft. Sollte aber Jemand glauben, dass wegen des 5. Versuches möglicher Weise mit der Bewegung beide Ströme zunehmen könnten, so möge man bedenken, dass nicht allein jede Gesetzlichkeit in einer solchen Zunahme fehlt, selbst von da an, wo die zur Diffussion benutzte Flüssigkeit nicht mehr wesentlich in der Concentration abgenommen hat, sondern dass diese Zunahme auch sehr unbedeutend ist und möglicher Weise in einer etwas durch die Bewegung erhöhten Temperatur, die hierbei nicht in der Endosmosenröhre gemessen wurde, ihren Grund haben kann. Zur Beruhigung aber lege ich noch die folgende Beobachtungsreihe vor, in welcher ich es nicht für nöthig hielt, die Geschwindigkeiten nach der vorigen Art zu berechnen. Da dieselben Röhren, wie in der letzten Versuchsreihe gebraucht worden sind, genügt die Angabe der abgeflossenen Flüssigkeitsmenge.

3. Reihe.

Menge der in 30′ abgeflossenen NCl-Lösung.	In 30′ diffundirte Kochsalzmenge.	In 30′ durchgegangenes Wasser.	Aeq.	Temp.	% Gehalt der abgeflossenen NCl-Lösung.
2350	0,649	1,939	3,0	6,2 6,4	26,49
2280	0,691	2,040	3,0	6,7 6,8	26,49
2575	0,692	2,080	3,0	6,8 6,9	26,50
2350	0,708	2,210	3,1	6,9 7,0	26,49
150	0,700	2,050	2,9	7,0 7,1	26,03
190	0,684	1,987	2,9	7,1 7,2	26,17
185	0,694	1,986	2,9	7,2	26,17

Auch hier fehlt wieder jede Gesetzmässigkeit und da die kleinen Abweichungen, welche hier vorkommen, *nicht grösser* sind, als sie bei den einfachen Bedingungen der Versuche S. 18 auch unvermeidlich vor-

kommen, so kann man wohl als Resultat dieser drei Versuchsreihen das aussprechen: *die Geschwindigkeit, mit der die Salzlösung gewechselt wird, hat keinen merkbaren Einfluss weder auf die absolute Grösse der endosmotischen Strömungen, noch auf die Aequivalente.* Dass ich natürlich damit Nichts aussage, wie es sich bei grössern Geschwindigkeiten als den hier angewandten verhalte, versteht sich von selbst. Auch habe ich ausdrücklich zu bemerken, dass diese Erfahrung der Unabhängigkeit des endosmotischen Processes von der Geschwindigkeit der Salzlösung nicht ohne Weiteres auf den Thierkörper zu übertragen ist; denn die höchsten von mir angewandten Geschwindigkeiten sind immer noch über hundertmal langsamer als die Strömungsgeschwindigkeit im Capillargefässsystem. Sollte aber für irgend eine physiologische Betrachtung dieser Umstand von Wichtigkeit werden, so wird es erlaubt sein, mit *hoher Wahrscheinlichkeit* jene Uebertragung zu machen; denn aus meinen Versuchen ergibt sich, dass eine um das 100fache geänderte Stromgeschwindigkeit den Gang des endosmotischen Austausches nicht merkbar abändert, folglich auch eine abermals so grosse Aenderung nicht sehr bedeutend in jenen Process eingreifen wird.

Wir wollen jetzt in der Prüfung unserer Methode in der Weise fortfahren, dass wir statt der concentrirten Salzlösung, solche von geringeren Procentgehalten anwenden. Wählen wir die letztern ziemlich weit auseinander liegend, so erhalten wir damit zugleich ein ohngefähres Bild von der Abhängigkeit des Aequivalentes von der Concentration. Ehe ich jedoch zur Mittheilung dieser Versuche selbst schreite, halte ich es für nöthig, noch auf folgende Punkte, die sich natürlich auch auf die spätern Versuchsreihen beziehen, bei ihrer Ausführung aufmerksam zu machen, weil ich mich nämlich überzeugt habe, dass dieselben, namentlich wenn Lösungen schwächerer Concentration in Anwendung kommen, wohl zu beachten sind. Alle Membranen sind frisch und nach dem Liegen nur weniger Stunden in Wasser anzuwenden. Lässt man sie dagegen vor dem Gebrauch Tage lang liegen, so läuft man Gefahr, das Aequivalent

kleiner ausfallen zu sehen, indem wie es mir scheint eine verhältnissmässig grössere Salzmenge übergeht. Die Abzugsröhre f muss genau auf dem Boden der Membran in der Endosmosenröhre aufstehen, widrigenfalls die benutzten untern Schichten der Salzlösung nicht vollkommen genug abfliessen. Ferner binde man die Blase recht sorgfältig mit einer grössern Anzahl von Touren auf. Bei vergleichenden Versuchen, wo immer mehrere durch dasselbe Stück angestellt werden, kann sich leicht, da man nach der Beendigung jedes Versuches durch Abputzen der Membran an dieser und der Aufbindungsstelle herumarbeiten muss, der Schluss lockern. Dies muss aber geschehen, um das an der Membran hängende Wasser mit in Rechnung zu bringen. Ich habe dabei wie oben S. 4 verfahren. Auch verfahre man möglichst sorgfältig bei der Ausschliessung von Druckdifferenzen, wenn es sich um Diffusionen mit sehr schwachen Salzlösungen handelt. Da nämlich hier die einzelnen Versuche sich nicht in so kurzer Zeit abmachen lassen, als bei concentrirtern Lösungen, können auch kleine Drücke schon wirksam werden und das Resultat trüben oder gänzlich verdecken. Ebenso muss man sich bei solchen Lösungen verhältnissmässig grosser Blasenstücke bedienen, um dadurch die Versuchszeit abzukürzen und keine Fehler entstehen zu lassen durch die nicht zu vermeidende theilweise Zerstörung. Endlich muss auch der Verdunstung und abermals bei der Anwendung schwacher Lösungen am sorgfältigsten Rechnung getragen werden. Einen Theil meiner Versuche habe ich in dem Souterrain der hiesigen Anatomie angestellt, wo, wie ich mich besonders überzeugt habe, die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt war. Einen andern Theil habe ich in einem Zimmer angestellt, in welchem diese Bedingung nicht erfüllt war, wo ich aber durch besondere Versuche die Grösse der Verdunstung, so gut als es möglich war, bestimmte.

4. Reihe,

welche Versuche enthält zur weitern Prüfung unserer Methode zugleich mit der Rücksicht, eine Vorstellung über die Abhängigkeit des endosmotischen Aequivalentes von der Concentration im Allgemeinen zu erhalten.

Membran.	Menge des in gleichen Zeiten durchgegangenen NCl [1].	Menge des in gleichen Zeiten durchgegangenen Wassers.	Abgeflossene Flüssigkeitsmenge [2].	Procentgehalt der Salzlösung.	Aeq.	Temp.
Herzbeutel des Ochsen, 14 St. bei 5—4° R. in aq. dest.	0,654	1,715	220ccm.	15,0	2,6	5,1 5,3
"	0,700	1,810	230		2,6	5,3 5,5
"	0,701	1,834	285		2,6	5,5 5,8
"	0,684	1,814	490		2,6	5,8 5,8
Herzbeutel vom Ochsen, 12 St. vorher in aq. dest.	0,801	2,011	730	11,8	2,5	5,3 5,5
"	0,841	2,061	1350		2,4	5,5 5,7
"	0,870	2,041	490		2,3	5,7 5,7
"	0,785	1,978	285		2,5	4,6 5,2
	0,875	2,103	970		2,4	5,2 5,4
Ein Stück von einem andern frischen H. 12 St. vorher in aq. dest.	0,795	2,158	225	11,8	2,7	4,8 4,8
"	0,826	2,214	800		2,5	4,7 4,7
"	0,782	2,111	540		2,7	3,6 3,6
"	0,801	2,191	830		2,7	3,9 3,9

[1]) Die Zeiten sind nur gleich gewählt für die Versuche, die mit einer und derselben Salzlösung angestellt wurden.

[2]) Sollte Jemand wünschen, die Geschwindigkeit wie S. 166 ausgedrückt zu sehen; so sei bemerkt, dass der Durchmesser des Abflussrohres in diesen und allen folgenden Versuchen = 3,5mm und der des Endosmosenrohres = 51,0mm betrug.

Membran.	Menge des in gleichen Zeiten durchgegangenen NCl.	Menge des in gleichen Zeiten durchgegangenen Wassers.	Abgeflossene Flüssigkeitsmenge.	Procentgehalt der Salzlösung.	Aeq.	Temp.
Ein Stück von einem andern frischen Herzbeutel, 12 St. in aq. dest.	0,872	1,526	790	6,7	1,7	5,4 6,0
„	0,912	1,467	825		1,6	6,1 6,5
„	0,901	1,464	1405		1,6	6,5 6,4
„	0,892	1,450	1070		1,6	6,1
Stück von einem andern Herzbeutel 12 St. in aq. dest.	0,818	1,404	660	6,7	1,7	6,1 6,4
„	0,799	1,397	1100		1,7	6,4
„	0,788	1,309	810		1,7	6,0 6,3
„	0,781	1,248	1415		1,6	6,3 6,0
„	0,810	1,268	620		1,5	5,8 6,2

Diese Versuche, deren Zahl ich noch leicht hätte vergrössern können, lehren uns Folgendes:

1) Auch die verschieden schnelle Bewegung nicht concentrirter Salzlösungen hat innerhalb der in den Tabellen verzeichneten Grenzen keinen Einfluss weder auf das Aequivalent noch auf die absolute Grösse beider Ströme.

2) Die Aequivalente nehmen mit der Concentration sehr *langsam*, ab. Dies und der bereits aus frühern Versuchen schon bekannte Umstand, dass verschiedene Blasenstücke, wenn auch sehr nahe liegende, doch nie

absolut gleiche Aequivalente liefern, sowie endlich noch die möglichen Untersuchungsfehler, lassen uns begreifen, nicht allein wie es möglich sei, dass von zwei Salzlösungen, deren Concentrationen sehr nahe bei einander liegen, beim Gebrauch verschiedener Membranstücke, die weniger concentrirte ein gleiches oder sogar höheres Aequivalent liefern könne, wozu ich absichtlich in der zweiten Versuchsreihe mit der 11,8procentigen Lösung ein Beispiel aufgeführt habe, sondern auch mit welchen Schwierigkeiten man zu kämpfen haben wird, wenn es sich um die Erkennung des genauen *Gesetzes* der Abnahme des Aequivalentes mit der Concentration handelt. So lange man nicht Lösungen anwendet, deren Salz-Gehalte unter etwa 6% sinken, hat indess die Auffindung einiger Züge jenes Gesetzes keine Schwierigkeit und in der That habe ich es bis dahin dargestellt. Ueberschreitet man aber jene Grenze, dann stellen sich besondere Schwierigkeiten, durch die alsdann mit sehr geringer Intensität vor sich gehende Diffusion bedingt, ein, welche liegen theils in den Veränderungen, denen die Membran wegen der längern Dauer der Versuche mehr unterworfen ist, theils darin, dass die Verdunstung und die Folgen hydrostatischer Drücke den endosmotischen Strömungen gegenüber fühlbarer werden. Da der Zweck der gegenwärtigen Abhandlung mehr ist, die Bedingungen zu untersuchen, welche die *absolute Grösse* der beiden endosmotischen Ströme beinfluenciren und da ferner die Frage nach dem Gesetz, welches die Abhängigkeit des Aequivalentes von der Concentration aussprechen soll, in neuerer Zeit einen Ausdruck erhalten, der für die ersten Betrachtungen manche Unwahrscheinlichkeiten zu enthalten scheint, so werde ich dieser Frage später noch eine besondere Abhandlung widmen und in dem Folgenden nur einige gröbere Züge jenes Gesetzes entwickeln.

Nunmehr können wir unbedenklich unsere Methode zur Entscheidung der oben vorgelegten Frage anwenden: *In welcher Weise ändert sich der absolute Werth beider endosmotischer Strömungen und auch beiläufig der des Aequivalentes ab, wenn verschieden concentrirte Lösungen sich gegen reines Wasser austauschen?*

Ich habe mich, um den wesentlichen Zug, der diese Abhängigkeit beherrscht, aufzufinden, darauf beschränkt, durch ein und dasselbe Membranstück immer nur *zwei* verschieden concentrirte Salzlösungen diffundiren zu lassen. Es wird sich aus der Betrachtung der Versuche ergeben, dass nicht zu erwarten stand, dadurch feinere Züge noch aufzufinden, dass man durch ein und dasselbe Membranstück eine grössere Anzahl von Versuchen angestellt hätte. Bei der Diffusion der concentrirten Lösung habe ich, mehr um die Versuche conform zu machen, als aus einem andern Grunde, in den meisten Fällen dieselbe auch abfliessen lassen und nicht dadurch hergestellt, dass in der Diffusionsröhre fortwährend krystallisirtes Salz erhalten worden wäre. Will man es auf diese Weise machen, so muss man immer nur wenig Salz eintragen, damit sich keine Schicht desselben auf dem Boden der Membran absetzt, wodurch die durchgehende Salzmenge etwas erhöht wird. Für Aequivalentbestimmungen ist dies ohne wesentlichen Einfluss, hier aber kommt dieser Umstand in Betracht. Uebrigens muss man, da, wenn die concentrirte Lösung gewechselt werden soll, man viel von derselben bedarf, sich bei ihrer Herstellung überzeugen, dass sie wirklich concentrirt ist. Ich pflegte Wasser und Salz mit einander zu kochen, wobei noch ungelöstes Salz vorhanden war und liess dann erkalten.

5. *Versuchsreihe.*

Procentgehalt der Salzlösung.	In gleichen Zeiten durchgegangene NCl-Menge.	In gleichen Zeiten durchgegangene Wassermenge.	Aeq.	Temp.	Abgeflossene Flüssigkeitsmenge.
		a.			
17,7	1,051	2,888	2,7	4,7 5,1	475
	1,053	2,877	2,7	5,1 5,5	525
	m = 1,053	2,882	2,7	5,1	
26,5	1,654	4,844	2,9	5,5 5,5	300
	1,666	5,256	3,1	5,6 5,6	350
	m = 1,660	5,050	3,0	5,5	

Procentgehalt der Salzlösung.	In gleichen Zeiten durchgegangene NCl-Menge.	In gleichen Zeiten durchgegangene Wassermenge.	Aeq.	Temp.	Abgeflossene Flüssigkeitsmenge.
		b.			
17,7	0,767	2,147	2,8	6,0	400
	0,787	2,202	2,8	6,2	455
	m = 0,776	2,174	2,8	6,1	
26,5	1,266	3,802	3,0	6,5	200
	1,293	3,848	3,0	6,6	215
	m = 1,280	3,825	3,0	6,5	
		c.			
14,9	0,751	1,984	2,6	7,1	340
	0,778	1,945	2,5	7,3	550
	0,787	2,124	2,7	7,8	1150
	m = 0,772	2,017	2,6	7,4	
26,5	1,544	4,344	3,0	7,6	300
		d.			
11,1	1,353	3,093	2,3	14,4 14,6	400
	1,327	2,962	2,2	14,6 14,8	650
	1,426	3,082	2,2	14,8 14,8	680
	m = 1,368	3,046	2,2	14,7	
26,5	4,365	12,944	3,0	14,8 14,8	0
	4,486	13,412	3,0	14,8 14,8	0
	m = 4,425	13,178	3,0	14,8	

Procentgehalt der Salzlösung.	In gleichen Zeiten durchgegangene NCl-Menge.	In gleichen Zeiten durchgegangene Wassermenge.	Aeq.	Temp.	Abgeflossene Flüssigkeitsmenge.
		e.			
8,8	0,219	0,493	2,2	15,1 15,1	510
	0,216	0,471	2,1	15,1 15,2	750
	m = 0,218	0,482	2,2	15,1	
26,5	0,913	2,939	3,2	14,9 15,0	0
	0,920	2,863	3,1	15,0 15,1	0
	m = 0,916	2,901	3,2	15,0 15,0	
		f.			
4,6	0,675	0,987	1,5	8,8 8,8	1750
	0,715	1,088	1,5	8,8 8,8	1410
	m = 0,695	1,037	1,5	8,8	
26,5	4,740	15,680	3,3	8,6 8,7	110
	4,750	14,150	3,0	8,7 8,8	170
	m = 4,745	14,915	3,1	8,7	

Stellen wir uns aus diesen Tabellen zusammen:

1) die Verhältnisse der Prozentgehalte der angewandten Lösungen, da diese sich nämlich verhalten wie die Differenzen der Concentrationen in je zwei mit einander zu vergleichenden Versuchen,

2) die Verhältnisse der Salzströme }
3) die Verhältnisse der Wasserströme } für gleiche Zeiten,

so erhalten wir die nachstehende Uebersicht:

Verhältniss der % Gehalte der Salzlösung.	Verhältniss der NCl Ströme.	Verhältniss der HO Ströme.	Mittlere Temper.	Aus welcher Versuchsreihe abgeleitet.
1,5	1,6	1,8	5,3	a.
1,5	1,6	1,8	6,3	b.
1,8	2,0	2,2	7,5	c.
2,4	3,2	4,4	14,7	d.
3,0	4,2	6,0	15,1	e.
5,7	6,7	14,3	8,7	f.

Aus der ganzen Versuchsreihe aber folgt folgender Lehrsatz. *Beim Austausche verschieden concentrirter Salzlösungen gegen reines Wasser ist für gleiche Zeiten und gleiche Temperaturen keine der beiden endosmotischen Strömungen den Procentgehalten genau proportional; es wachsen sowohl der Salz- als auch der Wasserstrom rascher als die Procentgehalte, aber nicht in gleichem Maasse, indem der letztere sich von der Proportionalität in höherem Grade, als der erstere entfernt, und daher die Ursache des grössern Aequivalents wird, welches die concentrirtere Lösung liefert.* Nur innerhalb enger Grenzen kann man für practische Bedürfnisse wohl die Grösse des *Salzstromes* proportional dem Procentgehalte nehmen, während dieselbe Annahme für den Wasserstrom bedenklicher erscheint. So gestaltet sich das Ergebniss, wenn man die Concentration als den Quotienten einer gewissen Menge Lösung in die darin enthaltene Gewichtsmenge Salz definirt. Da es aber auch üblich ist, die Concentration so zu definiren, dass man darunter den Quotienten des lösenden Wassers in das gelöste Salz versteht, so wollen wir die Resultate auch noch gemäss dieser Definition neben einander stellen. Die obige Tabelle ändert sich dann um in:

Bezeichnung des Versuchs.	Verhältniss der Concentrationen.	Verhältniss der NCl Ströme.	Abweichung von der Proportionalität mit der Concentr.	Verhältniss der HO Ströme.	Temp.
a	1,6	1,6	± 0,0	1,8	5,3
b	1,6	1,6	± 0,0	1,8	6,3
c	2,1	2,0	+ 0,1	2,2	7,5
d	2,9	3,2	+ 0,3	4,4	14,7
e	3,7	4,2	+ 0,5	6,0	15,1
f	7,5	6,7	— 0,8	14,3	8,7

Hieraus ergiebt sich:

1) dass auch nach dieser Definition die Wasserströme rascher als die Concentrationen wachsen;

2) dass in Bezug auf den Salzstrom aber die Erfahrungen noch nicht ausreichen, einen entgiltigen Ausspruch zu thun. Die Abweichungen von der Proportionalität sind verhältnissmässig klein und zu gesetzlos, als dass man sich erlauben dürfte, eine Regel aus den vorliegenden Versuchen zu abstrahiren. Um eine solche zu gewinnen, sind die Versuche noch zu vervielfältigen und namentlich noch vorerst die Vorfrage zu erledigen, ob sich das Verhältniss der Salzströme zum Verhältniss der Concentrationen durch eine Reihe verschiedener Temperaturen constant erhält oder nicht.

Zum Schluss dieser Versuchsreihe und zur Sicherung des Resultates liegt mir noch ob, einige kleine Bedenklichkeiten zu beseitigen, die sich dem Einen oder Andern aufdrängen könnten. Eine Hauptbedenklichkeit könnte darin gefunden werden, dass für jede Versuchsreihe die Temperaturen nicht gleich bleiben und dass möglicher Weise dadurch sich das gefundene Resultat herausgestellt habe. Ich habe hierauf zu erwidern, dass nicht allein jene Schwankungen sehr klein sind, sondern, dass ich einen Theil der Versuche auch so eingerichtet habe, dass während der höhern Temperaturen die *schwächere* Lösung diffundirte (e & f), wodurch das Verhältniss der Diffusionsströme zu Ungunsten des gefundnen Satzes in Folge der Temperatur abgeändert werden musste; aber trotzdem bleibt das Resultat dasselbe. Ein anderes Misstrauen könnte aus dem Umstand hergenommen werden, dass gemäss der Aufzählung der Versuche die Diffusionen mit der concentrirten Lösung jedesmal *nach* der mit der schwächern ausgeführt worden seien und doch mit der Zeit, namentlich bei höhern Temperaturen merklich grössere Salzmengen übergingen. Hierzu bemerke ich, dass, abgesehen von dem Umstand, dass die Versuche nicht so lange andauerten, dass gemäss den Erfahrungen S. 8 u. 9 dieses Bandes ein solcher Einfluss zu befürchten war, in einem guten Theil der Versuche entweder die ganze Reihenfolge der Anstellung die umgekehrte der

Aufzählung war, oder dass doch nach der Diffusion der concentrirten Lösung wenigstens noch ein Partialversuch mit der schwächern Lösung nachfolgte.

B. *Eine concentrirte Salzlösung tauscht sich gegen andere weniger concentrirte Lösungen aus.*

Um bei den hierher gehörigen Versuchsreihen die Bedingungen gleicher Concentration während der Dauer des Processes herzustellen, habe ich die früher schon geübte Bestimmungsmethode I. Bd. S. 112 ff. wieder herbeigezogen. Ich habe hier ganz so wie dort nur mit dem Unterschiede verfahren, dass statt des destillirten Wassers Salzlösungen genommen wurden. Das Volum derselben wurde wie früher das des Wassers so gross genommen, dass ihre procentische Zusammensetzung sich während des Versuches so gut wie nicht änderte. Da hier bei den einzelnen Versuchen wegen der zur Wägung kommenden grössern Salz- und Wassermengen Versuchsfehler weniger vorkommen, habe ich durch jedes Membranstück nur jedesmal zwei Versuche, mit je einer Lösung einen angestellt; die zusammengehörigen sind jedesmal durch eine Klammer mit einander verbunden.

Grösse des Salzstromes für gleiche Zeiten [1].	Grösse des Wasserstromes für gleiche Zeiten.	Aeq.	Temp.	% Gehalt der Salzlösungen.	Verhältniss der Differenzen der % Gehalte der diff. Lösungen.	Umgekehrtes Verhältniss der Salzströme.
1,291	4,462	3,4	9,6 9,7	15,1	1,87	1,9
2,381	7,420	3,1	9,5 9,6	5,2		
1,002	3,614	3,5	10,5 10,9	15,7	1,86	1,9
2,158	7,385	3,4	10,3 10,5	5,3		

[1]) Selbstverständlich sind nur für je zwei zusammengehörige Versuche die Zeiten gleich gewählt.

Grösse des Salzstromes für gleiche Zeiten.	Grösse des Wasserstromes für gleiche Zeiten.	Aeq.	Temp.	% Gehalte der Salzlösungen.	Verhältniss der Differenzen der % Gehalte der diff. Lösungen	Umgekehrtes Verhältniss der Salzströme.
0,986	3,520	3,6	11,3 11,6	16,6	2,14	2,1
2,071	7,174	3,4	11,2 11,3	5,3		
1,374	4,681	3,4	11,4 11,6	16,6	2,14	2,0
2,779	9,286	3,3	11,3 11,4	5,3		
0,783	2,671	3,4	12,1 12,2	10,7	1,4	1,7
1,396	4,292	3,1	12,2 12,3	4,5		
1,135	4,005	3,5	12,2 12,3	4,5	1,5	1,7
1,808	6,438	3,4	12,1 12,2	10,7		
1,474	4,923	3,3	11,1 11,1	19,0	3,0	3,6
*5,277	14,868	2,8	11,4 11,4	4,6		
1,179	3,674	3,1	15,0 15,2	19,1	2,9	3,1
3,681	11,071	3,0	15,2 15,3	4,7		

Diese zweite Versuchsreihe enthält demnach folgende Erfahrungen:

1. *Die Salzströme verhalten sich umgekehrt wie Differenzen der jedesmal in einander diffundirenden Lösungen.* Die Abweichungen, welche von dieser Regel vorzukommen scheinen, sind verhältnissmässig klein und folgen, so weit meine Erfahrungen gehen, keinem bestimmten Gesetz. Allerdings scheint es, als ob in dem Maasse, als die beiden nicht concentrirten Lösungen in ihrem absoluten Salzgehalt abnehmen das umgekehrte Verhältniss der Salzströme von dem Verhältniss der Differenzen der % Gehalte der diffundirenden Lösungen beginne abzuweichen. Ich wage aber nicht

auf diese kleinen Differenzen einen grossen Werth zu legen. Es ist möglich, dass die Theorie diese Erfahrung nur als eine erste Annäherung gelten lassen kann, es ist mir aber bis jetzt wegen Mangel feinerer Methoden und wegen der noch sehr unvollkommenen Theorie nicht möglich gewesen, mich über diese Angelegenheit in's Klare zu setzen.

2. Wenn bei der Diffusion zweier Salzlösungen die eine concentrirt ist, *so ändert sich mit der Aenderung des Salzgehaltes der andern Lösung das Aequivalent nicht wesentlich.* Es hat zwar allerdings den Anschein, als ob jedesmal das Aequivalent um so grösser ausfalle, je salzhaltiger die andere Lösung ist. Man darf aber darauf aus folgenden Gründen keinen besondern Werth legen. Einmal sind nämlich mit Ausnahme des mit * bezeichneten Versuches, auf welchen ich sogleich zurückkomme, die Schwankungen absolut genommen nicht grösser, als sie bei mehren aufeinander folgenden Versuchen durch dasselbe Membranstück bei Anwendung derselben diffundirenden Lösungen unter einfachern Bedingungen auch vorkommen. Ueberdies aber ist Folgendes nicht zu vergessen. Ich habe S. 41—44 d. B. für die Cornea des Ochsen nachgewiesen, wie vom Beginn der Diffusion an, die Salz- und Wasserströme nebst Aequivalent bis zur Herstellung des constanten Processes wachsen. Für die hier gewählte Membran gilt dieser Satz gleichfalls, wenn auch wegen ihrer geringeren Dicke jener Zustand des Uebergangs nicht in allen Fällen zum deutlichen Nachweis kommt. So kann nun bei den jetzigen Versuchen, bei deren gewählter Einrichtung es nicht möglich ist, jenen Uebergangszustand zu eliminiren, es sich ereignen, da zumeist die Versuche mit der Lösung geringerer Concentration *kürzere* Zeit andauern, dass jener Uebergang zum constanten Process auf den Rest des Versuches fühlbaren Einfluss gewinnt und dass in Folge davon das Aequivalent zu klein ausfällt. Das Uebergangsstadium ist bei dieser Anwendung der Versuche desshalb nicht zu vermeiden, weil, wenn man vorher in eine Salzlösung bestimmten % Gehaltes bis zur Constanz des Processes wollte diffundiren lassen, an der Röhre selbst nach dem sorgfältigsten Abputzen doch noch Salz hängen bleiben

würde und es würde dann wahrscheinlich der Salzstrom zu gross ausfallen. In dem mit * bezeichneten Versuche habe ich absichtlich die Diffusionszeit für die schwächere Lösung verhältnissmässig *sehr* kurz gewählt, in den andern war sie der für die andere Lösung gleich oder doch nicht sehr beträchtlich davon verschieden, und man sieht, wie in ihr wirklich das Aequivalent *beträchtlicher* abweicht.

C. *Es tauschen sich durch dasselbe Membranstück in aufeinanderfolgenden Versuchen Lösungen von gleichen Differenzen ihrer Salzgehalte aus, welche aber an verschiedenen Stellen der Concentrationsscala liegen.*

Bei Anstellung der hierher gehörigen Versuche habe ich die innere, concentrirtere Lösung wieder auf die früher beschriebene Art wechseln lassen. Die äussere Lösung änderte ihren Procentgehalt nicht wesentlich, weil in ein hinreichend grosses Volum nur verhältnissmässig kurze Zeit diffundirt wurde. Sie wurde vor und nach der Diffusion gewogen. Die erste Wägung führt, da das Gewicht des Gefässes und der Procentgehalt der Lösung bekannt sind, zur Kenntniss des Salz- und Wassergehaltes vor der Diffusion. Die Wägung nachher liefert in Verbindung mit der directen Bestimmung des Salzgehaltes durch Abdampfen und Glühen den Salz- und Wassergehalt nach der Diffusion, wobei nur noch der Antheil von Salz und Wasser zu berücksichtigen ist, welcher der nach Beendigung jedes Versuches aussen an Röhre und Membran anhängender Menge von Lösung zukommt. Diese Flüssigkeitsmenge wurde wie früher bestimmt und aus der bekannten Salz- und Wassermenge der äussern Lösung berechnet, wie viel von beiden in jener enthalten war. In Bezug auf die Darstellung der Versuche habe ich noch zu bemerken, dass in der 7. Rubrik die obere der zu jedem Versuch gehörenden beiden Zahlen angibt, in welchem Verhältniss die Differenzen der jedesmal in einander diffundirenden Lösungen standen, wenn man so rechnet, als ob sich die bezüglichen Lösungen absolut nicht geändert hätten, während die untere dasselbe Verhältniss so berechnet angibt, dass als Concentration jeder Lösung die genommen wurde, welche sich aus der Anfangs- und Endconcentration

als Mittel berechnet. Die Endconcentration der äussern Lösung wird leicht aus der Kenntniss ihrer Menge und ihres Salzgehaltes abgeleitet, dagegen findet man die der innern aus den bekannten ausgetauschten Mengen und dem abgeflossenen Flüssigkeitsvolum.

Procentgehalt der äussern Lösung.	Procentgehalt der innern Lösung.	Grösse des NCl Stromes in gleichen Zeiten.	Grösse des HO Stromes in gleichen Zeiten.	Verhältniss der NCl Ströme.	Verhältniss der HO Ströme.	Verhältniss der Differenzen der betreffenden Salzlösungen.	Aeq.	Temp.
8,03	16,1	1,381	3,817				2,76	14,7
		1,450	3,881				2,68	14,9
		m = 1,399	3,849				2,72	
				1,10	1,12	1,0 1,0		
16,1	24,2	1,542	4,386				2,84	14,9
		1,549	4,298				2,90	14,9
		m = 1,545	4,298				2,87	
0	13,74	1,014	2,090				2,07	14,2
		1,015	2,143				2,11	14,3
		m = 1,015	2,116				2,09	
				1,12	1,66	0,93 0,87		
13,74	26,5	1,123	3,463				3,08	14,4
		1,162	3,573				3,07	14,5
		m = 1,142	3,519				3,08	
0	11,1	1,448	3,341				2,31	14,4
		1,339	3,243				2,42	14,5
		m = 1,399	3,292				2,36	
				1,12	1.26	0,97 0,95		
11,1	21,8	1,530	4,172				2,73	14,5
		1,584	4,148				2,61	14,5
		m = 1,557	4,160				2,67	

Diese Versuche führen zu folgender Erkenntniss:

1. Die absolute Grösse der Salz- und Wasserströme ist für gleiche Differenzen im Salzgehalt ineinander diffundirender Lösungen nicht überall

gleich, sondern wird mit bedingt durch ihren *absoluten* Gehalt an Salz und zwar in der Art, dass beide Ströme für dieselben Differenzen absolut stärkerer Lösungen grösser ausfallen, als für die schwächern. Für den Salzstrom ist diese Abweichung nicht bedeutend und liegt eben an der Grenze der Beobachtungsfehler. Um dieses Resultat sicherer zu gewinnen, habe ich die obigen Versuche nicht allein so eingerichtet, dass in einigen *höhern* Temperaturen, während der Diffusion der *schwächern* Lösungen herrschten, sondern auch so, dass die *absolut stärkern* Lösungen zuerst diffundirten, damit ich für die jenen entsprechenden Ströme die möglichst hohen Werthe erhielt. Es ist jedoch ein Umstand, welcher verbietet, dieser Erfahrung für die Theorie vorerst eine besondere Wichtigkeit beizulegen, ich meine nämlich die kleinen und nicht messbaren Temperaturveränderungen, welche innerhalb der Membran bei der Durchdringung derselben durch die Salzlösungen verschiedener Concentration vor sich gehen, welche bei den absolut höhern Lösungen anders ausfallen müssen, als bei den absolut niedrigern. Für den Wasserstrom dagegen ist die gedachte Abweichung grösser und daher kommt es dann, dass

2. das Aequivalent für die gleiche Differenz im Salzgehalt der absolut stärkern Lösungen *grösser* ausfällt. Wenn sich hiernach dasselbe wesentlich als eine Function des absoluten Gehaltes an Salz der diffundirenden Lösungen herausstellt, so ergibt sich damit zugleich auch die Unmöglichkeit des Nachweises einer etwaigen Abhängigkeit desselben von der *Differenz* im Salzgehalt der Lösungen; denn es ist eben unmöglich Lösungen von *differentem Salzgehalt* mit Beibehaltung ihres absoluten Procentgehaltes herzustellen.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)



Neunte Abhandlung.

Ueber

Diffusionsgeschwindigkeiten und Diffusionsäquivalente

bei

getrockneten Membranen.

Von

Adolph Adrian.

Gelegentlich der neueren Untersuchungen über Hydrodiffusion [1]), deren immer grösser werdende Wichtigkeit für die Physiologie wohl Jedem einleuchtend sein wird, hat sich mit Sicherheit herausgestellt, dass bei ausgetrockneten oder solchen Membranen, welche nach Behandlung mit Wasser entziehenden Mitteln, z. B. Alcohol, zu den Hydrodiffusions-Versuchen benutzt werden, ein höheres endosmotisches Aequivalent auftritt, als wenn mit frischen, feuchten Membranen gearbeitet wird, und dass mit der Wiederaufweichung in Wasser eine allmälige Abnahme desselben erfolgt. Der Erste, welcher die in Rede stehenden Verschiedenheiten zwischen frischen und trocknen Membranen einer eingehenderen Untersuchung unterwarf, war Herr Professor Eckhard.

Er wandte in einer ersten Versuchsreihe nur frische und feuchte Membranen an und fand bei Benutzung des Kalbsherzbeutels, Chlornatriums und Wassers das endosmotische Aequivalent zwischen 2,8 und 2,9 [2]) schwanken.

Bei einer zweiten Versuchsreihe, bei welcher alle übrigen Umstände sich gleich blieben, wurden die frischen und feuchten Membranen durch getrocknete oder mit Alcohol behandelte ersetzt. Jetzt wurde das endosmotische Aequivalent stets grösser, je nach Umständen zwischen 3,2 und 4,0 gefunden.

Dr. Hoffmann hat dann in dem physiologischen Laboratorium unsrer Universität dieselben Versuchsreihen für das schwefelsaure Natron

1) C. Eckhard, Beiträge zur Lehre von der Filtration und Hydrodiffusion. Beitr. zur Anatomie und Physiologie Bd. I. H. II. pag. 97 ff.

2) l. c. pag. 123.

wiederholt [1]) und dabei gefunden, dass, während das endosmotische Aequivalent bei frischen Kalbsherzbeuteln 5,1 als mittlerer Werth betrug, es bei den getrockneten Membranen zu 6,9, 9,5, ja selbst bis zu 13,6 stieg. Der Grund dieses auffallenden Verhaltens ist bis jetzt keiner näheren und ausgedehnteren Untersuchung unterzogen. Besonders gilt dies für das Chlornatrium; für das schwefelsaure Natron ist Herr Dr. Schmidt in seinen Versuchen [2]) zu der Annahme gelangt, dass die angewandten Membranen nach länger anhaltendem Zustande der Feuchtigkeit eine grössere Druchgängigkeit für den Satzstrom besitzen, während diese Durchlässigkeit bei dem Trocknen verringert wird. Indess ist von diesem Forscher die betreffende Bemerkung nur beiläufig gemacht und desshalb auch von Ludwig in der neuesten Auflage seines Lehrbuchs [3]) als noch nicht vollkommen erledigt hingestellt worden. Ich habe es daher auf den Vorschlag des Herrn Professor Eckhard unternommen, durch eine Anzahl von Versuchen diese noch offene Frage zu beantworten. Halten wir die zwei erwiesenen Thatsachen fest, nämlich 1) dass getrocknete Membranen ein höheres endosmotisches Aequivalent geben und 2) dass diese Aequivalente eine Abnahme erleiden, wenn die Membranen eine längere Zeit mit Wasser in Berührung bleiben, so können ohne weitere Untersuchung folgende Annahmen für dieses Kleinerwerden des Aequivalents gemacht werden:

a) Die Menge des durch die Membran übergehenden Wassers erleidet eine Abnahme, während die Menge des aus der innern Lösung diffundirenden Salzes sich gleich bleibt.

b) Der Salzstrom erfährt eine Zunahme, während der Wasserstrom seine ursprüngliche Grösse beibehält.

---

1) Dr. C. E. E. Hoffmann, Untersuchungen über das endosmotische Aequivalent des Glaubersalzes. Giessen 1858, pag. 12 ff.

2) Dr. W. Schmidt, Versuche über Endosmose des Glaubersalzes. Poggendorff's Annalen Bd. 102 pag. 122 ff.

3) Ludwig, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. II. Aufl. Bd. II. pag. 211.

c) Der Salzstrom kann eine Zunahme, der Wasserstrom eine Abnahme erfahren.

d) Die beiden Ströme nehmen an Stärke zu, es erfährt aber der Wasserstrom eine langsamere Zunahme als der Salzstrom, welcher rascher wächst.

e) Die beiden Ströme nehmen an Stärke ab, aber die Abnahme des Wasserstroms ist eine bedeutendere als die des Salzstroms. Ohne weiter zu überschlagen, welche Annahme wohl die meiste Wahrscheinlichkeit für sich habe, wenden wir uns sogleich den Versuchen zu.

Um eine nähere Prüfung dieser verschiedenen Möglichkeiten vorzunehmen, wurden von mir die folgenden Versuchsreihen angestellt. Ich bediente mich, wie es von Herrn Professor Eckhard bereits seit zwei Jahren immer geschieht, zu meinen Versuchen nur des Pericardiums der Kuh, dessen Vorzüge besonders in einer grösseren Dichte und Gleichmässigkeit bestehen, durch welche beide Umstände eine genauere Uebereinstimmung zwischen den einzelnen Versuchen hervorgerufen zu werden scheint. Ich behandelte die Membranen, welche frisch von dem Metzger erhalten, gereinigt und in öfters gewechseltes destillirtes Wasser gelegt wurden, in welchem sie eine, bei den einzelnen Versuchsreihen näher angegebene Zeit verblieben, behufs meiner Untersuchungen in verschiedener Weise, trocknete sie unter verschiedenen Temperaturen verschieden lange Zeit, behandelte sie mit Alcohol etc. Wie sich dabei die einzelnen Resultate gestalten, wird unten ersichtlich.

Bevor ich zu den einzelnen Versuchsreihen übergehe, will ich einige Worte über meine Methode sagen, kann mich jedoch darin kurz fassen, da Herr Professor Eckhard, von welchem diese Methode angegeben wurde, dieselbe bereits näher beschrieben hat [1]. Ich füllte in eine

---

1) Ueber Diffusionsgeschwindigkeiten durch thierische Membranen; Beiträge etc. Bd. II. H. I. pag. 4.

Endosmosenröhre, deren Durchmesser 23,5 Millimeter betrug, chemisch reines, fein gepulvertes Chlornatrium und goss darüber eine concentrirte Lösung [1]) desselben Salzes. Die Membran, welche ich in allen Fällen so aufband, dass die glatte, im Leben dem Herzen zugekehrte Fläche dem Chlornatrium zugewandt war, wurde mit starken Hanffäden sorgfältig festgebunden und aussen mit Fliesspapier gereinigt.

Die Diffusionsröhre wurde durch einen kreisförmigen Ausschnitt in der Mitte einer starken Guttapercha-Lamelle festgehalten. Bei dem Einsenken der ersteren in das Wassergefäss, in welches diffundirt werden sollte, ruhte die Lamelle auf dem Rande des Wassergefässes. Die elastische Einklemmung der Diffusionsröhre in die Guttapercha-Lamelle erlaubt ein den Bedürfnissen für die Entfernung wirksamer hydrostatischer Druckdifferenzen entsprechendes Heben und Senken. Die Menge des für jeden einzelnen Versuch benutzten Wassers betrug gegen 55 bis 65 Grammes. Der Verdunstung beugte ich dadurch vor, dass ich die ganze Vorrichtung in einen mit Wasserdampf gesättigten Raum brachte. Die Versuchsreihen wurden in einem nach der Nordseite des Anatomiegebäudes gelegenen Zimmer angestellt, dessen Temperatur geringen Schwankungen unterworfen war. Uebrigens bediente ich mich aller der Vorsichtsmaassregeln, welche von Herrn Professor Eckhard für die genaue Ausführung der Versuche angegeben sind und welche man in den citirten Abhandlungen desselben genauer beschrieben findet, wesshalb ich, um Wiederholungen zu vermeiden, darauf verweise.

Die zur Entscheidung der Frage angestellten Versuche zerfallen in zwei getrennte Reihen. In der ersten wurden unter verschiedenen Umständen getrocknete Membranen ohne Weiteres zu den Diffusionsversuchen verwandt und darauf gerechnet, dass im Laufe einer Anzahl unmittelbar

---

1) C. Eckhard, Beiträge Bd. I. H. II. pag. 115.

auf einander folgender Versuche sich ein deutliches Gesetz der Aenderung der beiden Hydrodiffusionsströme zeigen werde, oder dass sich doch dadurch ein Resultat gewinnen lassen werde, dass man mit demselben Membranstücke nach einer nachfolgenden hinlänglichen Imbibition in destillirtem Wasser eine analoge Versuchsreihe wiederhole.

In einer zweiten Versuchsreihe setzte ich für ein frisches Membranstück durch eine grössere oder geringere Anzahl von Versuchen sowohl die absolute Grösse der beiden Hydrodiffusions-Ströme als auch das endosmotische Aequivalent fest, trocknete alsdann dasselbe, wiederholte hierauf für diesen neuen Zustand der Blase die vorher gemachten Bestimmungen, um dann endlich an der wieder in Wasser hinlänglich aufgeweichten durch eine Wiederholung der früheren Bestimmungen die Versuchsreihe zu schliessen.

Erste Versuchsreihe.

Tabelle Ia. Pericardium der Kuh, 20 Stunden in destillirtem Wasser ausgewässert, hierauf 48 Stunden bei 3,0—3,5° R. getrocknet:

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaClstroms.	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur nach Reaumur.	Versuchs-Dauer.
1.	0,324	1,815	5,6	3,2°	8 h 29 m. bis 9 „ 29 „
2.	0,373	1,687	4,5	3,2°	9 „ 31 „ bis 10 „ 31 „
3.	0,368	1,820	4,9	3,3°	10 „ 32 „ 11 „ 32 „
4.	0,434	1,791	4,1	3,3°	11 „ 33 „ 12 „ 33 „
5.	0,414	1,673	4,0	3,3°	12 „ 34 „ 1 „ 34 „
6.	0,399	1,551	3,9	3,3°	1 „ 35 „ 2 „ 35 „

Tabelle Ib. **Derselbe Herzbeutel nach der Filtration gereinigt und 36 Stunden in destillirtem Wasser ausgewaschen, dann von Neuem diffundirt, ohne dass die Membran abgebunden gewesen wäre.**

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaClstroms.	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur.	Versuchs-Dauer.
1.	0,365	1,445	3,9	4,5	11 h 1 m. 12 „ 1 „
2.	0,351	1,415	4,0	4,6	12 „ 5 „ 1 „ 5 „
3.	0,366	1,324	3,6	4,5	1 „ 6 „ 2 „ 6 „
4.	0,351	1,263	3,6	4,5	2 „ 7 „ 3 „ 7 „
5.	0,351	1,260	3,6	4,5	3 „ 9 „ 4 „ 9 „

Tabelle II. **Ein 40 Stunden mit destillirtem Wasser behandelter Kuhherzbeutel, 24 Stunden in einer Zimmertemperatur von 14—20° R. getrocknet, dann sofort diffundirt:**

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaClstroms.	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,211	1,225	5,8	3,1	9 h 24 m. 10 „ 9 „
2.	0,233	1,168	5,0	3,1	10 „ 10 „ 10 „ 55 „
3.	0,243	1,128	4,6	3,2	10 „ 58 „ 11 „ 43 „
4.	0,241	1,050	4,35	3,3	11 „ 45 „ 12 „ 30 „
5.	0,245	0,992	4,0	3,3	12 „ 33 „ 1 „ 18 „

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaClstromes.	Grösse des HOstromes.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-dauer.
6.	0,243	1,096	4,5	3,4	1 „ 20 „ 2 „ 5 „
7.	0,239	1,094	4,5	3,4	2 „ 8 „ 2 „ 53 „
8.	0,242	1,095	4,5	3,4	2 „ 55 „ 3 „ 40 „

Tabelle III. Der Kuhherzbeutel hatte 42 Stunden in destillirtem Wasser gelegen, wurde dann bei einer Temperatur von 12—15° R. $13^1/_2$ Stunden auf die Röhre aufgebunden getrocknet und ohne Einweichen durch ihn sofort diffundirt:

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaClstroms	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,174	1,173	6,7	2,8	6 h 32 m. bis 7 „ 32 „
2.	0,219	0,982	4,5	2,8	7 „ 34 „ 8 „ 34 „
3.	0,229	1,032	4,5	2,9	8 „ 35 „ 9 „ 35 „
4.	0,269	1,284	4,7	3,0	9 „ 36 „ 10 „ 36 „
5.	0,272	1,208	4,4	3,1	10 „ 37 „ 11 „ 37 „
6.	0,283	1,118	4,0	3,2	11 „ 38 „ 12 „ 38 „
7.	0,311	1,228	4,0	3,2	12 „ 39 „ 1 „ 39 „
8.	0,298	1,197	4,1	3,3	1 „ 40 „ 2 „ 40 „
9.	0,301	1,235	4,0	3,2	2 „ 42 „ 3 „ 42 „
10.	0,297	1,155	3,8	3,2	3 „ 44 „ 4 „ 44 „

Ausser den Versuchsreihen mit Chlornatrium nahm ich auch einige mit schwefelsaurem Natron vor; um die Verhältnisse einem genaueren Vergleiche zugänglich zu machen, lasse ich zunächst eine kurze Reihe derselben folgen.

Tabelle IV. Ein 40 Stunden in destillirtem Wasser ausgewässerter Kuhherzbeutel, 18 Stunden bei einer Temperatur von 7,2—7,6° R. getrocknet, dann durch ihn mit Glaubersalz filtrirt.

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaO SO_3stroms.	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,146	1,182	8,0	7,2	8 h 33 m.
				7,2	10 „ 33 „
2.	0,152	1,164	7,6	7,2	10 „ 36 „
				7,4	12 „ 36 „
3.	0,150	1,029	6,9	7,4	12 „ 38 „
				7,5	2 „ 38 „

Suchen wir die Ergebnisse der vorstehenden Versuchsreihen zu einem Resultate zusammen zu fassen, so ergibt sich: Bei den getrockneten Membranen nimmt, wenn dieselben ohne vorherige Einweichung sofort zu den Hydrodiffusionsversuchen benutzt werden, das endosmotische Aequivalent in den auf einander folgenden Versuchen ab und zwar wird diese Abnahme dadurch bedingt, dass der Salzstrom langsam zunimmt, während der Wasserstrom eine kleine Abnahme erleidet. Es wird dies am deutlichsten ersichtlich in der Tabelle Ia; ebenso widerspricht diesem Resultate die Tabelle II nicht, obgleich hier die Abnahme des Aequivalents eine weniger continuirliche ist, so wie auch Tabelle IV. In der Tabelle III ist zwar die Zunahme des Salzstroms deutlich, es gelingt aber nicht, das in den andern Versuchsreihen sich ergebende Gesetz über die Abnahme des Wasserstroms zu erkennen.

Da bei dieser längeren Reihe grössere Schwankungen der Temperatur (bis zu 0,5° R.) vorkamen, so lag Anfangs die Annahme nahe, es möchte

die Abnahme des Wasserstroms durch die steigende Temperatur verdeckt sein.

Ich will jedoch bemerken, dass in einigen andern hier nicht mitgetheilten Versuchen sich ein ähnliches Resultat wiederholte. Der Salzstrom nahm continuirlich bis zu einer gewissen Grösse hin zu, der Wasserstrom nahm bald deutlich ab, bald sprach sich keine deutliche in ein Gesetz zusammenfassbare Aenderung desselben aus. Es ist daher vor allen Dingen nach einer Ursache dieses regellosen Verhaltens zu suchen. Ich glaube dieselbe in dem Folgenden gefunden zu haben. Man kann nämlich glauben, es möchte diese Unregelmässigkeit durch eine unregelmässige Imbibition der zu dem Aufbinden der Membranen benutzten Fäden bedingt werden. Diese Befürchtung wurde mir durch den folgenden Versuch noch beunruhigender. Als ich nämlich einen trocknen Faden von der Länge der zu dem Aufbinden benutzten wog, zeigte er ein Gewicht von 0,234 Grammes, während er nach einstündigem Liegen in destillirtem Wasser und Abtrocknen, wie man es bei den Diffusionsversuchen zu thun pflegt, 0,370 Gr. wog. Es hatte also der Faden 0,136 Grammes Wasser zu seiner Imbibition verwandt, eine Menge, welche bei der kleinen Grösse der in unsern Versuchen auftretenden Ströme allerdings eine bedeutende genannt werden muss.

Es scheint, als müsse auch bei frischen Herzbeuteln eine derartige Imbibition statthaben, obgleich es bei diesen nicht möglich ist, eine im Anfange statthabende Abnahme des Wasserstroms zu constatiren, allein es ist zu bedenken, dass man hier um feuchte Membranen bindet, wo also sich die Fäden schon theilweise imbibiren. Um aber über diesen etwaigen Einfluss in's Reine zu kommen, ist es am besten, die Versuche so einzurichten, dass man denselben geradezu ausschliesst. Ich that dies in folgender Weise. Nachdem das feuchte Membranstück auf eine Diffusionsröhre aufgebunden worden war, stülpte ich ihr offenes Ende unter eine gewisse Menge trocknen Quecksilbers, welches sich auf dem Boden eines cylindrischen Gefässes befand und goss auf dieses so viel Wasser, dass es bis an die aufgebundene Membran in der Weise ragte, dass die zur Auf-

bindung dienenden Fäden ganz unter Wasser kamen. In dieser Stellung wurde die Röhre befestigt und die Membran dem Trocknen überlassen. Man kann dies noch beschleunigen und vollständiger machen, wenn man das Innere der Röhre durch ein gebogenes Glasrohr mit der äussern Luft in Verbindung setzt.

Ich gebe jetzt eine mit Chlornatrium und einer in der beschriebenen Weise behandelten Membran vorgenommene Untersuchung:

Tabelle V. Eine 46 Stunden lange gewässerte Membran 18 Stunden bei 10—12° R. getrocknet. Nachdem die ersten vier Versuche waren gemacht worden, stellte ich die Diffusionsröhre mit Chlornatrium in ein grosses Wassergefäss, in welchem ohne zu messen diffundirt wurde, worauf Abends die Versuche V und VI angestellt wurden. Die Diffusionsröhre hatte 35,7 Mm. im Durchmesser.

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaClstroms	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,386	1,929	4,9	6,8	9 h 5 m.
				6,9	bis 9 „ 50 „
2.	0,457	2,077	4,5	6,9	9 „ 51 „
				6,9	10 „ 36 „
3.	0,482	2,009	4,1	6,9	10 „ 37 „
				7,0	11 „ 22 „
4.	0,489	1,966	4,0	7,0	11 „ 23 „
				7,1	12 „ 8 „
5.	0,539	2,088	3,8	7,1	4 „ 52 „
				7,2	5 „ 37 „
6.	0,565	2,111	3,7	7,2	5 „ 38 „
				7,2	6 „ 23 „

Wir sehen in dieser Versuchsreihe nach den beschriebenen Vorsichtsmaassregeln die Abnahme des Wasserstroms verschwinden und müssen daher unser Gesetz der Abnahme der Aequivalente dahin modificiren, dass

wir sagen, es erfolge dieselbe durch eine Zunahme des Salzstroms allein ohne eine wesentliche Aenderung des Wasserstroms, ein Verhalten, welches wie weiter unten gezeigt werden soll, auch bei dem Glaubersalz beobachtet wird. Es stellt sich also jetzt ein analoges Verhalten mit dem dar, welches Herr Professor **Fick** [1]) für die Collodiumhäute aufgefunden hat.

Im Anschlusse an diese Versuchsreihen gebe ich eine mit einer Membran, welcher ich ihren Wassergehalt durch Behandlung mit starkem Weingeist entzogen hatte. Ich begnüge mich hier mit einem derartigen Beispiel, da ich in meinen Versuchen fand, dass der Art behandelte Membranen weniger reine Resultate liefern, als die getrockneten.

Tabelle VI. Ein frischer Kuhherzbeutel 10 Stunden in destillirtem Wasser ausgewässert, dann bei einer Temperatur von 3—6° R. in Alcohol von 87° nach Tralles behandelt und hiernach unmittelbar diffundirt.

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaClstroms.	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,338	1,717	5,0	2,5	8 h 41 m. bis 9 „ 41 „
2.	0,367	1,547	4,2	2,5	9 „ 43 „ 10 „ 43 „
3.	0,285	1,247	4,4	2,6	10 „ 45 „ 11 „ 45 „
4.	0,283	1,359	4,8	2,7	11 „ 46 „ 12 „ 46 „
5.	0,302	1,285	4,2	2,7	12 „ 47 „ 1 „ 47 „
6.	0,350	1,426	4,0	2,8	1 „ 48 „ 2 „ 48 „

1) Dr. A. **Fick**, Versuche über Endosmose 1te Abhandlung, in J. **Moleschott's** Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere. Bd. III. pag. 294 ff.

Zweite Versuchsreihe.

In dieser Versuchsreihe bestimmte ich die Hydrodiffusionsströme und das endosmotische Aequivalent eines frischen, feuchten Membranstückes durch eine Reihe von Versuchen, trocknete dasselbe alsdann, bestimmte von Neuem und wässerte alsdann die Membran, um daran die Versuche nochmals zu wiederholen.

Ich gebe jetzt zuerst eine Versuchsreihe, bei deren Vornahme ich noch nicht die oben beschriebene Vorsicht, die Membran ohne die Fäden zu trocknen, angewandt habe.

Tabelle VIIa. Ein frisches Membranstück nach Reinigung 20 Stunden in destillirtes Wasser gelegt und dann filtrirt.

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaClstroms.	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,260	0,899	3,4	3,4	8 h 29 m.
					bis
				3,4	9 „ 29 „
2.	0,332	1,236	3,7	3,4	9 „ 30 „
				3,6	10 „ 30 „
3.	0,369	1,178	3,1	3,6	10 „ 32 „
				3,6	11 „ 32 „
4.	0,369	1,208	3,2	3,6	11 „ 33 „
				3,7	12 „ 33 „
5.	0,369	1,220	3,3	3,7	12 „ 34 „
				3,8	1 „ 34 „
6.	0,365	1,270	3,4	3,8	1 „ 35 „
				3,8	2 „ 35 „

Tabelle VIIb. Die Membran nach der Filtration gereinigt und 17½ Stunden in einer Temperatur von 4—6° R. getrocknet und sofort diffundirt.

Nr. des Versuchs.	Grösse des		Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
	NaClstroms.	HOstroms.			
1.	0,315	1,556	4,9	3,9	8 h 28 m.
				3,9	9 „ 28 „
2.	0,328	1,381	4,2	3,9	9 „ 29 „
				3,9	10 „ 29 „
3.	0,342	1,246	3,7	3,9	10 „ 31 „
				3,9	11 „ 31 „
4.	0,333	1,120	3,3	3,9	11 „ 32 „
				4,0	12 „ 32 „
5.	0,340	1,205	3,3	4,0	12 „ 33 „
				4,0	1 „ 33 „
6.	0,344	1,181	3,2	4,0	1 „ 35 „
				4,0	2 „ 35 „

Tabelle VIIc. Nach der Filtration wurde die Membran gereinigt und bei einer Temperatur von 4,0—4,5° R. in destillirtes Wasser gelegt, dann diffundirt.

Nr. des Versuchs.	Grösse des		Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
	NaClstroms.	HOstroms.			
1.	0,344	1,127	3,2	4,4	8 h 21 m. bis
				4,4	9 „ 21 „
2.	0,350	1,207	3,4	4,4	9 „ 22 „
				4,5	10 „ 22 „
3.	0,342	1,198	3,5	4,5	10 „ 24 „
				4,6	11 „ 24 „
4.	0,344	1,241	3,6	4,6	11 „ 25 „
				4,6	12 „ 25 „
5.	0,345	1,283	3,6	4,6	12 „ 26 „
				4,6	1 „ 26 „
6.	0,344	1,308	3,7	4,6	1 „ 28 „
				4,6	2 „ 28 „

Auch in dieser Tabelle wird die Zunahme des Salzstroms als Ursache des kleiner werdenden Aequivalents (Tabelle VII^{b}) ersichtlich, ebenso wie eine Abnahme des Wasserstroms vorhanden ist, welche man jedoch nach dem oben Erörterten nicht in Anschlag bringen darf, wie die weiter unten folgenden Versuchsreihen zeigen werden. Zugleich sehen wir, dass in Nr. 6 der Tabelle b die höchste Grenze des Salzstroms erreicht ist, indem in der Tabelle c nach einer siebzehnstündigen Wässerung die Salzströme diese Grösse nicht überschreiten. Die Schwankungen des Aequivalents, welche in der letzten Tabelle sich finden, dürfen nicht weiter in Betracht gezogen werden, da dieselben aus kleinen Beobachtungsfehlern resultiren dürften.

Ich lasse nun, um die Richtigkeit des bezüglich der Abnahme des Wasserstroms Gesagten näher zu beweisen noch zwei Versuchsreihen folgen, bei welchen die Fäden bei dem Trocknen feucht erhalten wurden, und zwar gebe ich zuerst eine auf Kochsalz sich beziehende Reihe.

Tabelle VIII^{a}. Eine frische Membran, 38 Stunden in destillirtem Wasser von 7,0—7,2° R. ausgewässert, dann diffundirt.

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaClstroms.	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,640	2,378	3,7	7,2 7,2	8 h 25 m. bis 9 „ 10 „
2.	0,627	2,192	3,4	7,2 7,3	9 „ 11 „ 9 „ 56 „
3.	0,684	2,280	3,5	7,3 7,4	9 „ 56 „ 10 „ 42 „
4.	0,628	2,206	3,5	7,4 7,4	10 „ 43 „ 11 „ 28 „
5.	0,654	2,329	3,6	7,4 7,4	11 „ 29 „ 12 „ 14 „

Tabelle VIIIb. Die Membran nach der Diffusion in einer Zimmertemperatur von 14—18° R. 38 Stunden getrocknet.

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaClstroms.	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,367	2,130	5,8	6,0	8 h 44 m.
				6,0	9 „ 29 „
2.	0,414	2,045	4,9	6,0	9 „ 30 „
				6,1	10 „ 15 „
3.	0,435	2,030	4,6	6,1	10 „ 16 „
				6,1	11 „ 1 „
4.	0,463	2,135	4,6	6,1	11 „ 2 „
				6,2	11 „ 47 „

Tabelle VIIIc. Die Membran nach der zweiten Filtration 20 Stunden in destillirtem Wasser von 5,2—6,2° R. gewässert, dann diffundirt.

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaClstroms.	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,484	2,165	4,4	5,2	8 h 40 m.
				5,2	bis
					9 „ 25 „
2.	0,478	2,060	4,3	5,2	9 „ 26 „
				5,3	10 „ 11 „
3.	0,494	2,084	4,2	5,3	10 „ 12 „
				5,3	10 „ 57 „
4.	0,521	2,228	4,2	5,3	10 „ 58 „
				5,3	11 „ 43 „
5.	0,528	2,196	4,1	5,3	11 „ 44 „
				5,3	12 „ 29 „

Die folgende Tabelle bezieht sich auf Glaubersalz und eine mit den beschriebenen Vorsichtsmaassregeln behandelte Membran.

Tabelle IXa. Eine frische Membran 62 Stunden in destillirtem Wasser von 7,0—7,5° R. gewässert, dann diffundirt.

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaOSO$_3$stroms.	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,161	0,894	5,6	7,2	9 h 4 m.
				7,3	10 „ 34 „
2.	0,155	0,864	5,5	7,3	10 „ 35 „
				7,3	12 „ 5 „
3.	0,153	0,855	5,6	7,3	12 „ 6 „
				7,4	1 „ 36 „
4.	0,150	0,878	5,7	7,4	1 „ 37 „
				7,4	3 „ 6 „

Tabelle IXb. Die Membranen, nach der Filtration 20 Stunden mit feucht erhaltenen Fäden in einer Temperatur von 14—20° R. getrocknet, dann diffundirt.

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaO SO$_3$stroms	Grösse des HOstroms..	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,134	0,962	7,1	6,9	9 h 24 m.
				7,1	bis
					10 „ 54 „
2.	0,135	0,873	6,4	7,1	10 „ 55 „
				7,2	12 „ 25 „
3.	0,141	0,872	6,1	7,2	12 „ 26 „
				7,3	1 „ 56 „
4.	0,141	0,902	6,3	7,3	4 „ 34 „
				7,3	6 „ 4 „

Der Versuch 4 wurde Abends angestellt, nachdem die Diffusionsröhre in der bei Tabelle V angegebenen Art von 2 Uhr bis 4 Uhr 34 Minuten gestanden hatte.

Tabelle IXc. Nach einer 14stündigen Wässerung bei der Temperatur von 7,0—7,3° R. wurde von Neuem diffundirt.

Nr. des Versuchs.	Grösse des NaO SO_3stroms.	Grösse des HOstroms.	Endosmotisches Aequivalent.	Temperatur in ° R.	Versuchs-Dauer.
1.	0,147	0,924	6,2	7,0	9 h 10 m.
				7,1	10 „ 40 „
2.	0,149	0,944	6,3	7,1	10 „ 41 „
				7,2	12 „ 11 „
3.	0,144	0,871	6,0	7,2	12 „ 12 „
				7,2	1 „ 42 „
4.	0,147	0,839	5,7	7,2	1 „ 43 „
				7,2	3 „ 13 „

Diese Tabellen ergeben uns nun:

1) In Uebereinstimmung mit den Versuchen der ersten Reihe eine allmälige Zunahme des Salzstroms und eine Constanz des Wasserstroms, wenn man, was als erwiesen betrachtet werden kann, die in Tabelle VII^b auftretende Abnahme dem bekannten Umstande der Imbibition der Fäden zuschreibt.

2) Wenn die Versuche durch eine trockne Membran eine längere Zeit fortgesetzt werden, so nähern sie sich einem Zustande, welchen man erhält, wenn man sie in reinem Wasser aufweicht.

3) Die Grössen der Diffusionsgeschwindigkeiten und Aequivalente scheinen, wenn man nach dem Trocknen der Membran eine sehr lange Zeit diffundiren lässt, oder die Membran in Wasser wieder aufweicht nicht auf die ursprünglichen bei frischen Membranen erhaltenen Werthe zurück zu kommen, sondern immer etwas grösser zu bleiben. Ob man durch sehr langes Einweichen wieder auf die absoluten Werthe zurückkommen kann, vermag ich nicht zu entscheiden.

Mir scheinen die vorstehenden Versuche, welche in ihrer Erscheinungsweise die vollkommenste Analogie mit den von Herrn Professor Fick an Collodiumhäuten beobachteten zeigen, nicht besonders geeignet, den von Herrn Professor Fick zuerst gemachten Unterschied zwischen Porendiffusion und einer solchen durch homogene Membranen zu rechtfertigen. Bekanntlich sucht dieser Forscher den Unterschied zwischen den beiden genannten Diffusionsarten in dem Umstand, dass bei der einen der Salzstrom constant bleibt, während in der andern eine Zunahme desselben bei gleichem Wasserstrom stattfindet. Wäre der von Herrn Professor Fick angenommene Unterschied wirklich bedeutungsvoll, so müsste auffallend erscheinen, dass trockne Membranen während ihrer Aufweichung capillare Spalten gewinnen sollten.

Letzte Abhandlung.

Ueber die Unterschiede des Trigeminus- und Sympathicusspeichels der Unterkieferdrüse des Hundes.

Von

C. Eckhard.

Auf S. 81 ffg. dieses Bandes ist gezeigt worden, dass man zwei von einander verschiedene Speichelsorten aus der Unterkieferdrüse des Hundes beziehen kann, je nachdem man entweder den bekannten Zweig vom nervus trigeminus oder den Halstheil des Sympathicus reizt. Ich habe vorgeschlagen, beide Speichelsorten geradezu durch die Bezeichnungen Trigeminus- und Sympathicusspeichel von einander zu unterscheiden. Auch habe ich daselbst versprochen, die Untersuchungen über diese Angelegenheit fortzuführen. Leider habe ich meinen Plan, die Fortsetzung meiner Untersuchungen an der Unterkieferdrüse des Pferdes auszuführen, vorerst aufgeben müssen. Zur Zeit, wo ich Musse hatte, mich mit diesem Gegenstand zu beschäftigen, waren diese Thiere in hiesiger Gegend selten und nur mit einem unverhältnissmässig hohen Kostenaufwand zu haben. Ich habe mich daher wieder dem Hunde zuwenden müssen. Was ich ausser den früher von mir gemeldeten Eigenschaften über jene zwei Speichelsorten weiter aufgefunden habe, theile ich im Folgenden mit:

1. Beide Speichelsorten, vorausgesetzt, dass sie rein sind, zeigen hinlängliche mikroscopische Unterschiede. Ich brauche wohl kaum besonders zu erwähnen, dass zur Feststellung dieser Eigenschaften das Auffangen beider Speichelsorten in der Weise geschehen muss, dass man *beide* Nerven vorher *durchschneidet* und dann abwechselnd reizt, wobei überdiess jedesmal erst nach geraumer Zeit der Reizung die Proben zur mikroscopischen Prüfung zu nehmen sind. Ist während der Reizung eines Nerven der andere nicht durchschnitten, so kann eingewendet werden, der bezügliche Speichel sei nicht rein, indem der andre Nerv von seinem Central-

organe aus noch gereizt sein könne und dadurch ein gemischter Speichel erzeugt worden wäre. So natürlich dies auch erscheint, so ist doch dabei zu bedenken, dass selbst, wenn man sich dieser Forderung unterwirft, man doch noch nicht sicher sein kann, man habe es wirklich nur mit einer absolut einfachen Speichelsorte zu thun. Bei Reizung eines Nerven nämlich können wegen der innigen Verflechtung beider Nerven im hilus der Drüse durch die bekannten electrischen Uebertragungen auch die Fasern des andern gereizt werden. Ich habe jedoch stets, wenn es sich um die Feststellung der mikroscopischen Eigenschaften handelte, so verfahren, wie oben verlangt wurde. Die mikroscopische Untersuchung beider Speichelsorten nun hat Folgendes ergeben: In dem Trigeminusspeichel des Hundes findet man: 1. stark das Licht brechende Körperchen gegen 0,0015—0,0030^{mm} gross, 2. zahlreiche, sehr kleine Moleküle von unmessbarer Feinheit, 3. hier und da Spuren von Epithelialzellen. In dem Sympathicusspeichel finden sich jene stark Licht brechende Körperchen viel seltener; ob sie ausschliessliche Bestandtheile der ersten Speichelsorten sind, kann man sowohl wegen des oben berührten Umstandes, als auch desshalb nicht mit Bestimmtheit sagen, weil, wenn man auch wirklich nach einander in der Drüse die beiden Speichelsorten absolut rein erzeugen könnte, eine Mischung von in den Zweigen des Ausführungsganges vorhandenem Reste nicht zu verhüten ist. Dagegen aber finden sich in dem Sympathicusspeichel unregelmässig geformte Körperchen von den verschiedensten Grössen. Ich habe solche gemessen von 0,015—0,040^{mm} Länge. Sie haben meist einen geringen Stich in's Gelbliche und bilden im möglichst reinen Sympathicusspeichel gegen $^1/_3$ der ganzen Masse. Ihre Structur kann ich nicht besser bezeichnen, als wenn ich sage, dass dieselben vollkommen den Eindruck einer Sarcode ähnlichen Substanz machen, doch lässt sich an ihnen keine selbstständige Formänderung nachweisen. Man kann sich diese Körper in ihren Formen und ihrer Structur dadurch am besten zur Anschauung bringen, dass man den Speichel in eine Carminlösung einrührt und das Gemisch etwa eine Stunde stehen lässt. Indess

ist es auch hier wieder aus den oben angegebenen Gründen schwer, zu sagen, ob diese Körper nie im Trigeminusspeichel gefunden werden. Im Grossen und Ganzen aber können die angegebenen Merkmale als gute Unterscheidungskennzeichen dienen.

2. Beide Speichelsorten besitzen alkalische Reaction und keine von ihnen allein besitzt das Vermögen Amylum in Zucker umzuwandeln, wie es nach den bekannten Untersuchungen von Bidder und Schmidt der Mundflüssigkeit des Hundes zukommt. Ob Unterschiede in der Grösse der Alkalicität vorkommen, kann ich nicht sagen. Man erhält vom Sympathicusspeichel stets so verhältnissmässig geringe Mengen, dass keine brauchbaren Titrirungsversuche ausführbar sind.

3. Dagegen finden sich bedeutsame Differenzen bezüglich der specifischen Gewichte und der festen Rückstände. In der folgenden kleinen Tabelle gebe ich bezüglich dieser Punkte einen Vergleich beider Speichelsorten, die möglichst rein erhalten waren. Sie waren von drei verschiedenen Thieren genommen.

Spec. Gewicht		Fester Rückstand	
des Trigeminusspeichels.	des Sympathicusspeichels.	des Trigeminusspeichels.	des Sympathicusspeichels.
1,0039	1,0181	1,3	2,8
1,0044	1,0134	1,2	2,6
1,0056	1,0152	1,4	2,79
= 1,0046	1,0156	1,3	2,7

Es ist augenscheinlich, dass das specifische Gewicht des Sympathicusspeichels bedeutend grösser ist, als das des Trigeminusspeichels und dass diesem entsprechend auch der Gehalt an festen Bestandtheilen bei dem erstern grösser, als bei dem letztern ausfällt. Diese Art von Versuchen habe ich jedoch nicht weiter fortgesetzt. Der Grund davon ist, dass, wie ich das schon in der ersten Abhandlung angedeutet habe, man immer nur schwierig einigermaassen bedeutsame Mengen Sympathicusspeichel erhält. Es ist dabei, wie es scheint vollkommen gleichgiltig, ob

man den vereinigten vagus-sympathicusstamm, oder den letztern allein, oder direct nur die kleinen Bündel sympathischer Nerven reizt, welche die Drüsenarterie umspinnen. Ich habe alle drei Arten und insbesondere auch die dritte von Bernard empfohlene geübt, ohne von der einen oder andern Reizungsart wesentliche Vortheile gesehen zu haben. Der von Bernard empfohlenen Methode, bei welcher man zu leicht Gefahr läuft, den Blutstrom in der Drüse zu stören, möchte ich die der gesonderten Reizung des Sympathicus allein hoch oben am Halse vorziehen, vorausgesetzt, dass sie sich bequem und sicher ausführen lässt, was aber eben nicht bei allen Individuen der Fall ist. Alle Fälle aber werden zu wahren Geduldsproben, in denen es sich um die Gewinnung solcher Mengen reinen Sympathicusspeichels [1]) handelt, die zur Bestimmung des specifischen Gewichtes und festen Rückstandes hinreichen. Wesentliche Dienste hat mir immer der Umstand geleistet, das ich den Sympathicus mit kleinen Unterbrechungen reizte; Erholung des Nerven und Schutz vor Temperaturerniedrigung, indem man ihn während des Nichtgebrauchs sorgfältig wieder in die Wunde einschiebt, scheinen die Ursachen dieser günstigen Wirkung zu sein. Die weite Kanüle, die ich früher empfohlen habe, leistet zwar etwas, doch nicht viel; denn der zähe Speichel hat sich ja auch durch die engen Verzweigungen des Ausführungsganges hindurchzudrängen, freilich sind diese elastisch und der Speichel langt in ihnen noch nicht erkaltet wie in der Kanüle an.

Ich habe es daher für eine zweite Versuchsreihe vorgezogen, entweder beide Nerven zu gleicher Zeit und zwar so zu reizen, das dem Trigeminuszweig ein sehr schwacher, dem Sympathicus umgekehrt ein sehr starker Reiz zukam, so dass der Sympathicusspeichel dadurch so weit verdünnt wurde, um eben bequem ausfliessen zu können, oder ich habe beide abwechselnd gereizt, um so das unter dem Einfluss der Sympathi-

[1]) Die Bestimmung des spec. Gewichtes habe ich daher auch mit kleineren Mengen ausgeführt, als man es sonst zu thun pflegt.

cusreizung gebildete Secret durch Trigeminusreizung auszutreiben. Auf diese Weise erhält man zwar keinen reinen Sympathicusspeichel, immer aber noch ein Gemisch, das sich hinlänglich von reinem Trigeminusspeichel unterscheidet. Die folgende Tabelle gibt einige Proben dieser Versuche.

Spec. Gewicht		Rückstand in 100 Theilen	
des Trigeminusspeichels.	des gemischten Speichels.	des Trigeminusspeichels.	des gemischten Speichels.
1,0042	1,0075	1,01	1,57
1,0082	1,0139	2,06	2,2
1,0054	1,0100	1,70	1,9

Ich habe zu diesen und den vorigen Versuchen zu bemerken, dass der Trigeminusspeichel jedesmal *zuerst* gewonnen wurde. Verfährt man umgekehrt, so muss man oft ganz bedeutende Mengen von Trigeminusspeichel ausfliessen lassen, bis man wieder einen solchen von seiner normalen Dünne erhält.

Ich bin auch diesmal wieder manchmal auf Fälle gestossen, in denen der auf Reizung des Trigeminus erhaltene Speichel schon sehr dick und zähe war, so dass sich der darauf folgende Sympathicusspeichel nicht sehr bedeutend von ihm unterschied. Ich kann diese nicht anders als durch folgende Annahmen erklären. Entweder findet im Hilus der Drüse Uebertragang des Reizes statt, oder es laufen in der Bahn dieses Trigeminuszweiges sympathische Fasern, welche durch Anastomosen des Sympathicus mit dem Trigeminus in der Schädelhöhle dahin gelangt sind, oder endlich, es entspringen von dem in den Trigeminuszweig liegenden Ganglien Fasern, deren Reizung einer solchen des Sympathicus gleichkommt; vergl. diesen Band S. 85. Beim Niederschreiben dieser Zeilen fällt mir ein, dass man sich höchst wahrscheinlich über diese Annahmen dadurch belehren könnte, dass man sich einmal Speichel auf reflectorischem Wege und dann solchen durch directe Reizung des Trigeminuszweiges verschaffte. Fände eine oder mehre der obigen Annahmen statt, so müsste die erste Speichelsorte

dünnflüssiger etc. sein, als die zweite. Ich habe bisher nicht Zeit gehabt, ernstere Versuche über diesen Punkt anzustellen.

In der theoretischen Auffassung des Gegenstandes bin ich leider nicht weiter vorgedrungen, doch mögen die folgenden Erfahrungen, wenn sie auch negativer Art sind, hier Platz finden:

a) Durch die von Bernard gemachte Beobachtung, dass während der Sympathicusreizung das Blut langsamer aus der Drüsenvene ausfliesst, veranlasst, habe ich eine Anzahl von Versuchen über die Speichelabsonderung bei geschlossenen Drüsenvenen angestellt. Ich habe dabei folgendermaassen verfahren: Ich sammelte vorerst eine Probe Speichel der bei Trigeminusreizung und freier Circulation des Blutes in der Drüse abgesondert wurde. Dann unterband ich die Venen und wiederholte den Versuch. Dabei habe ich mich nicht begnügt, etwa nur die grossen Venenstämme zu unterbinden, in welche die Drüsenvenen einmünden, sondern ich habe diese selbst unmittelbar nach ihrem Austritt aus der Drüse zugebunden und mich nach vollendetem Versuch überzeugt, dass dies wirklich geschehen. In der Regel hat man dabei zwei kleine Venen zu beachten, von denen eine grössere am untern und vordern Rand der Drüse hervorkommend in die Vena maxillaris externa, eine kleinere am hintern sich findende in die Vena maxillaris interna mündet. Ich habe diesen Versuch einigemal wiederholt, niemals aber ein dem Sypathicusspeichel analoges Secret erhalten. Das mechanische Verhältniss des verlangsamten Blutstromes ist es also nicht, welches jene Eigenthümlichkeit des Secretes bedingt.

b) Ein besonderer Zufall führte mich vorübergehend auf eine andere Erklärungsweise, die sich aber nicht bestätigt hat. Ich wollte versuchen, ob der auf reflectorischem Wege erhaltene Speichel dünnflüssiger sei, als der durch directe künstliche Reizung des Trigeminuszweiges. Zur Erregung des Speichelnerven auf reflectorischem bediente ich mich einer sehr starken Essigsäure. Während der darauf folgenden electrischen Reizung wurde der ausfliessende Speichel allmählich dickflüssiger. Ich schrieb dies natür-

lich der Wirkung der verschluckten Essigsäure zu und machte im Geiste schon folgende Theorie fertig. Ich erinnerte mich: dass Säuren das Blut dunkelroth färben, dass nach der Beobachtung von Bernard nach Reizung des Sympathicus das Blut dunkler aus der Drüsenvene ausfliesst und dass bei der Muskelcontraction eine Säure frei wird. So glaubte ich, dass bei Reizung des Sympathicus durch Zusammenziehung musculöser Elemente die Gefässwände der Drüse angesäuert würden und dass auf diese Weise der Sympathicusspeichel sich formire. Dem stand zwar die negative Erfahrung, dass man bis jetzt in glatten Muskelfasern während ihrer Zusammenziehung noch keine saure Reaction sich hat entwickeln sehen, noch entgegen, für den ersten Augenblick aber fiel dies Bedenken nicht in die Wagschale. Als ich mich aber anschickte, durch Injectionen von Essigsäure in das Blut die zuerst beobachtete Erfahrung zu wiederholen, so ergab sich, dass sie nur unter Anwendung so sehr concentrirter Essigsäure gelingt, dass ich die auf den ersten Blick so empfehlenswerthe Theorie aufgab. Auch am Menschen habe ich den Versuch in analoger Weise wiederholt. Ich benutzte dazu das Speichel reiche Individuum, welches zu Herrn Ordenstein's Untersuchungen gedient hatte. Dasselbe trank 1000ccm einer ziemlich starken Essigsäure. Der aus der parotis während des Verlaufs einer Stunde aufgefangene Speichel besass alle Eigenschaften des normalen Parotidenspeichels, welcher unmittelbar vorher aufgefangen worden war.

Zum Schluss habe ich noch eine Mittheilung zu machen über Bernard's Hypothese, dass der von dem nervus lingualis zur Unterkieferdrüse gehende Zweig in letzter Instanz vom nervus facialis stamme. Eine Anzahl von Präparationen, die ich über diesen Punkt theils selbst ausgeführt habe, theils habe ausführen lassen, haben mir gezeigt, dass auf rein anatomischem Wege keine Entscheidung herbeizuführen ist. Sowohl beim Menschen, als auch namentlich beim Hunde legt sich die chorda sehr innig an den lingualis an, und nimmt von diesem mehrmals Fäden auf, so dass es vollkommen unmöglich wird, sicher zu stellen, ob die zur Drüse gehenden Fäden wirklich der wahren chorda angehören. Man scheint auch

selbst dann, wenn man mit Herrn Bernard die Function des nervus tympanico-lingualis, wie bekanntlich von ihm der zur glandula submaxillaris gehende Zweig genannt wird, in Beziehung zu einem motorischen Nerven bringen will, nicht in jener Annahme über die Abstammung des in Rede stehenden Nervenzweiges bestärkt zu werden; denn der n. lingualis, mit dem, wie eben erwähnt, die chorda Verbindungen eingeht, steht vor seinem selbstständigen Auftreten aus dem dritten Trigeminusaste mit den motorischen Zweigen desselben im Zusammenhang und so kann es schon sein, dass die chorda motorische Fäden auf diesem Wege und nicht vom n. facialis erhalte. Fast will es mir auch scheinen, als ob Herr Bernard nicht die volle Ueberzeugung seiner Lehre gehabt habe, denn an der Stelle, wo er diese auseinander gesetzt hat, fährt er fort, wie dem (nämlich der Abstammung der chorda aus dem facialis) auch sein möge etc.

Ich habe daher eine Prüfung dieser Angelegenheit auf physiologischem Wege vorgenommen. *Das Resultat ist zweifelhaft zu Gunsten der Meinung Bernard's ausgefallen, dass die Drüsennerven des Trigeminus der chorda tympani entlehnt sind.* Dabei habe ich folgendermaassen mit folgenden einzelnen Ergebnissen verfahren. Zuerst suchte ich den ductus Whartonianus auf, um in denselben eine Kanüle wie gewöhnlich einzuführen. Hierauf schnitt ich den m. digastricus in der Mitte durch und entfernte die hintere Hälfte. Dann löste ich den m. masseter vom Unterkiefer ganz in der Art, wie die Chirurgen bei der Trepanation des Unterkiefers behufs der Durchschneidung des n. dentalis inferior verfahren. Um mir für den weitern Fortgang der Operation Raum zu verschaffen, sägte ich jetzt den beim Hunde stark hervorspringenden Winkel der untern maxilla fort. Bevor ich hierauf weiter in die Tiefe vordrang, unterband ich die vena und arteria maxillaris interna doppelt und schnitt zwischen den ligaturen durch, eine Vorsicht, die ich behufs der Verhütung einer zu stark blutenden Wunde auch vorher schon bei der arteria und vena maxillaris externa gebraucht hatte. Auf diese Weise erhielt ich

eine vollkommen reine Wunde, in der ich dann nach innen vom Köpfchen des Unterkiefers nach Abtragung des hintersten Theils des m. pterygoideus internus die chorda ohne Schwierigkeit fand. Um diese führte ich jetzt eine kleine feuchte Fadenschlinge, in welche ich, ohne dieselbe zuzuziehen, die eine umgebogene Electrode eines Inductionsapparates einhängte, um mit der andern die chorda selbst zu berühren. So lange ich an dieser selbst die Reizung ausführte, blieb das Thier vollkommen ruhig und äusserte nicht den geringsten Schmerz, dagegen erfolgte eine *reichliche* Speichelsecretion, von welcher ohne Reizung nichts zu beobachten war. Der grössern Sicherheit halber, führte ich einige quantitative Bestimmungen aus, nämlich die folgenden:

Dauer der Reizung.	Dauer der Nichtreizung.	Aufgefangene Speichelmenge.
	5 Minuten	0,417 Gr.
1 Min. 20 Sec.		1,808
	5 Minuten	0,098
1 Min. 21 Sec.		1,928

Man konnte jetzt freilich noch den Einwand erheben, dass unter der Voraussetzung, dass der n. lingualis selbst die die Secretion beherrschenden Fasern beherberge, die Secretion durch paradoxe Uebertragung herbeigeführt worden sei. Abgesehen von dem Umstande, dass ich mich mit verhältnissmässig schwacher Reizung möglichst weit von der Verbindung der chorda mit dem n. lingualis hielt, konnte ich diesem durch die Bemerkung begegnen, dass, wenn dem so gewesen sei, das Thier auch Schmerzensäusserungen müsse gezeigt haben; denn jene Uebertragung habe auf den Stamm des lingualis stattfinden müssen, von dem eine directe Prüfung einen hohen Grad der Sensibilität gemäss bekannten Erfahrungen ergeben hatte. Endlich blieb noch der wegen vollkommner *Unempfindlichkeit* der chorda sehr wenig gegründete Verdacht übrig, die gereizte chorda habe auf reflectorischem Wege die Secretion eingeleitet. Um

indess denselben zu beseitigen, umband ich die chorda an der Stelle ihrer Verbindung mit dem lingualis und trennte sie von ihm vollständig. Eine Reizung des centralen Endes hatte keinerlei physiologischen Erfolg. Nach diesen Erfahrungen kann ich sagen, *dass die chorda tympani der Speichelsecretion in der gl. submaxillaris vorstehe;* doch verbietet die Vorsicht, jenen Nerven selbst vom facialis abzuleiten. Es könnte immerhin noch sein, dass der wahre Ursprung der chorda im ganglion sphenopalatinum oder im zweiten Aste des trigeminus zu suchen sei.



Berichtigungen.

Man ändere um:

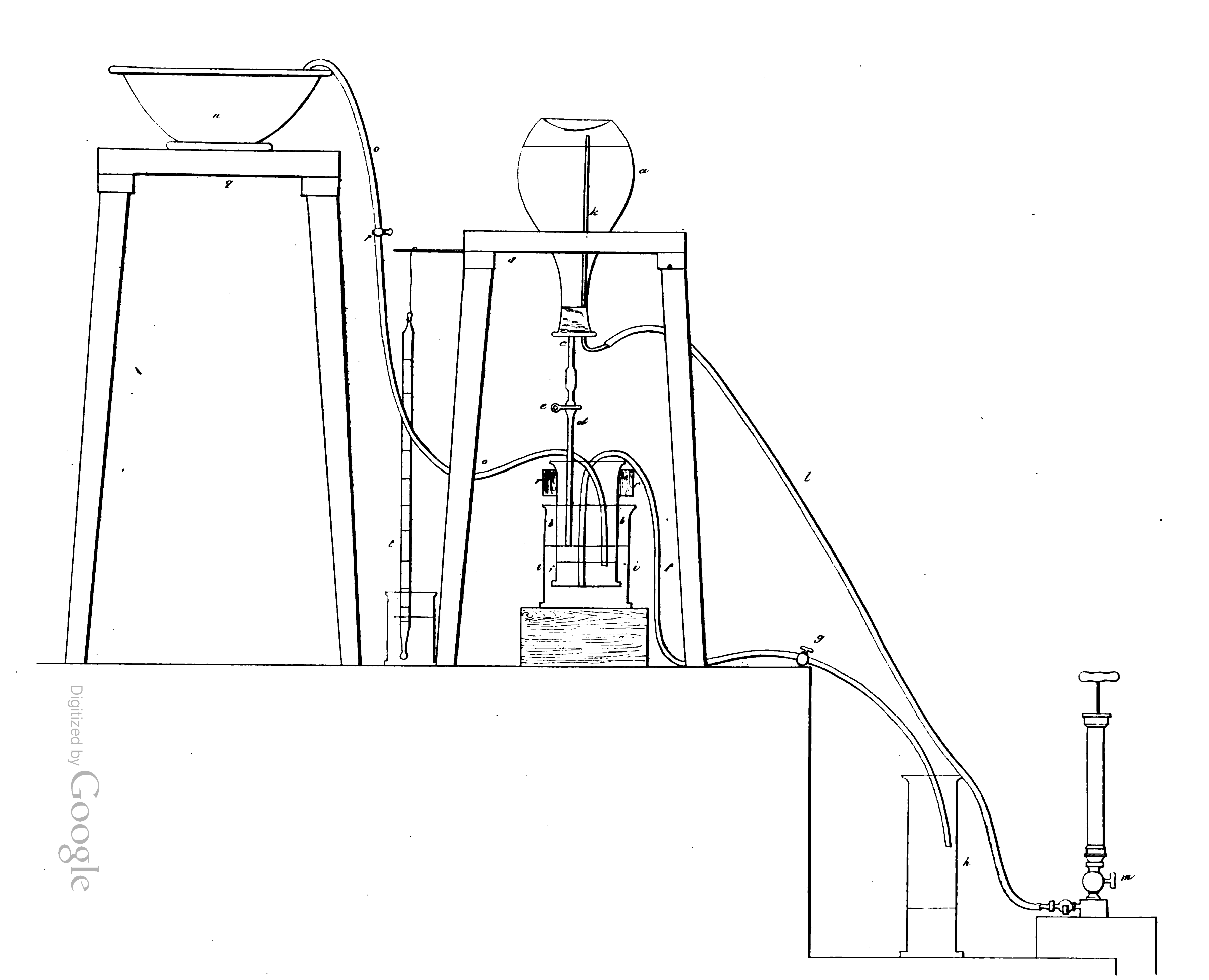
Seite 16 Zeile 3 und 4 von oben: —><— in. $\begin{smallmatrix}|\\ \vee\\ \wedge\\ |\end{smallmatrix}$

„ 18 „ 9 „ 10 „ unten: 4,6 3,11 in: 3,1; 14,6.

„ 98 „ 8 von oben: Reiz in Reizung.

„ 214 „ 16 „ unten: zweifelhaft in unzweifelhaft.

Druck der G. D. Brühl'schen Universitäts-Buchdruckerei und lith. Anstalt in Giessen.


n
o
q
p
a
k
s
c
e
d
l
t
b
i
f
g
h
m

